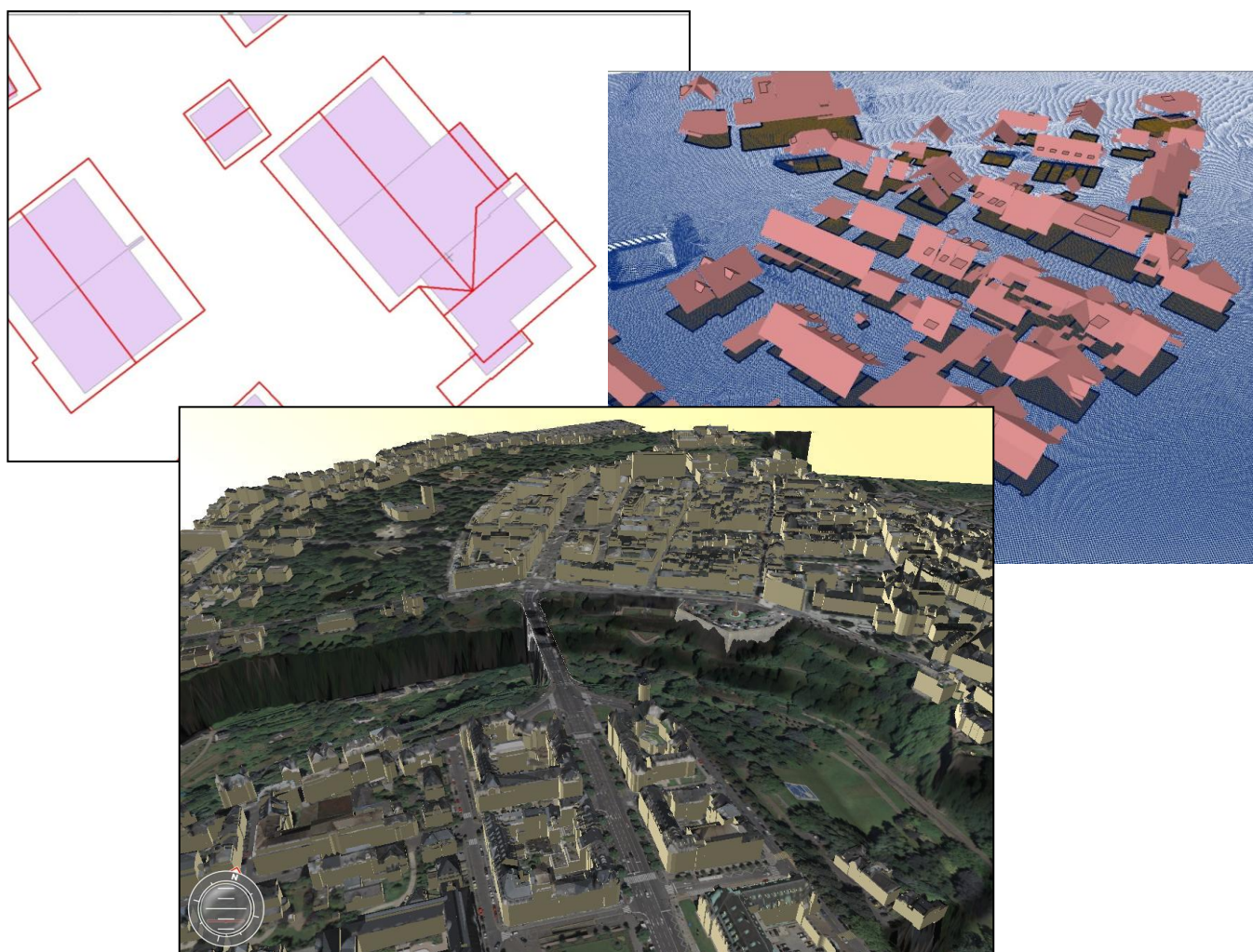


REALIZAREA MODELULUI VIRTUAL REALISTIC AL UNEI LOCALITĂȚI ÎN STANDARD CITYGML

*Activitatea 24 Elaborarea documentatiei de aplicare pentru obtinerea
serviciului” generarea MVRL in standard CityGML”*

LIVRABIL 24

**Elaborarea documentatiei de aplicare pentru obtinerea serviciului”
generarea MVRL in standard CityGML”
(Rezumat)**



Aprilie 2015

REZUMAT

LIVRABIL 24 Elaborarea documentatiei de aplicare pentru obtinerea serviciului” generarea MVRL in standard CityGML”este structurat pe 6 capitole metodologice și un capitol de Concluzii:

- Un capitol introductiv (capitolul 1) care descrie motivatia procesul tehnologic pentru obținerea produsului MVRL în standard cityGML;
- Un capitol (capitolul 2) care descrie tehnologia necesara extragerii detaliilor planimetrice
- Un capitol (capitolul 3) în care se descriu instrucțiunile de lucru pentru extragerea detaliilor planimetrice
- Capitolul 4 trateaza descrierea metodologiei de obtinere a modelului digital al terenului;
- Capitolul 5 tratează metodologia de obținere a imaginilor ortorectificate
- Capitolul 6 tratează metodologia de obținere a modelului MVRL în standard CityGML
- Capitolul 7 privind Concluziile, descrie schematic metodologia generală și evidențiază etapele tehnologice esențiale în procesul de generare a MVRL. Se arată care sunt etapele consumatoare de timp și resurse umane și etapele care permit dezvoltări ulterioare.

Astfel, rezultatele obținute în urma etapelor metodologice sunt descrise în primele 6 capitole și sunt prezentate succint în prezentul rezumat.

1 INTRODUCERE

Modelarea tridimensională este de mult timp utilizată în calitate de metodă vizuală de prezentare a proiectelor arhitecturale de design, iar sintetizarea imaginilor obiectelor permite înlocuirea procedurilor costisitoare de producere a lor.

Abilitatea de a crea un model în trei dimensiuni de calitate reprezintă un lucru important. Totuși, specialiștii nu în zadar spun: "Un model bun este doar o jumătate din succes, iar cealaltă jumătate depinde de lumină și materiale". Lumina și vizualizarea corectă creează condiții pentru un lucru profesional.

Module moderne de vizualizare (renderers) alături de algoritmi rapizi de trasare clasică a razelor (raytracing) vă propun metode ultramoderne de vizualizare, așa ca hărți de emiterie, hărți de fotoni

(photon map), hărți de iluminare (irradiance map), caustice de refracție și reflexie (refractive & reflective caustics) și altele.

În vizualizarea arhitecturală acest ligament este recomandat ca o soluție optimă din punct de vedere a corelației dintre calitate și viteză.

Algoritmii de calculare a luminii, ce se bazează pe legile fizice, permit crearea unei imagini fotorealiste în urma unei simple plasări în locuri anumite a sursei de lumină.

Pentru a se putea aplica efectele fotorealiste realitatea trebuie modelată prin obiecte tridimensionale și texturate corespunzător texturii reale din teren.

Modelul Numeric al unei Localități (MNL) se obține prin uniunea Modelului Numeric al Terenului (MNT) cu Modelul Numeric al Construcțiilor (MNC) și Modelul Numeric Peisagistic (MNP).

MNP nu se ia în considerare în acest proiect decât din punct de vedere a texturii solului. El conține obiectele peisagistice ale unui oraș, respectiv vegetația (pomi, tufișuri), stâlpi, reclame, cabine telefonice, semne de circulație, etc.

Astfel $MNL = MNC + MNT$

Modelul Numeric al Construcțiilor trebuie să cuprindă pe lângă construcțiile de bază și podurile și alte construcții speciale. Prin proiectarea construcțiilor pe MNT se obține MNL.

În cadrul acestui proces trebuie avut în vedere ca intersecția dintre cele două modele să nu lase spații goale. Este mai convenabil ca MNC să se scufunde în MNT, pereții scufundați putând fi apoi decupați corespunzător.

2 TEHNOLOGIE DE EXTRAGERE A DETALIILOR PLANIMETRICE

Fotogrammetria este știința și tehnica care se ocupă cu obținerea datelor de bază sub forma fotogrammelor, recunoașterea și identificarea înregistrărilor obiectelor, determinarea formei și dimensiunilor acestora și materializarea rezultatelor sub formă analogică sau digitală.

Revista americană de specialitate, „Photogrammetric Engineering and Remote Sensing” definește fotogrammetria astfel: „Fotogrammetria este arta, știința și tehnologia de obținere a informațiilor sigure despre obiectele fizice și mediul înconjurător prin prelucrarea înregistrărilor, măsurarea și interpretarea imaginilor fotografice, a modelelor de energie radiantă electro-magnetică și alte fenomene.”

După modul de exploatare a fotogramelor, fotogrammetria se împarte astfel: **fotogrammetria planimetrică**, în care exploatarea fotogramelor se face independent (fotogramă cu fotogramă) și **stereofotogrammetria** (fotogrammetria spațială), în care exploatarea fotogramelor se face în cuple stereoscopice (stereograme). În acest caz măsurătorile se execută în trei dimensiuni (X, Y, Z).

Rezultatul principal al măsurătorilor spațiale îl constituie **harta topografică 3D**, având reprezentate atât detaliile de planimetrie, cât și relieful terenului prin curbe de nivel. Este domeniul cel mai răspândit al fotogrammetriei topografice. Fotogrammetria a apărut în urma nevoii de a obține într-un mod rapid și precis al planurilor și hărților topografice pe zone geografice cât mai mari.

Fotogrammetria cuprinde un ansamblu de metode matematice, tehnici și tehnologii de utilizare a fotografiei în domeniul măsurătorilor terestre.

Înregistrarea suprafețelor de teren prin imagini aeriene este cea mai eficientă tehnică de cartografiere a zonelor foarte întinse. În dezvoltarea fotogrammetriei s-au parcurs trei etape tehnologice fundamentale, acestea fiind bazate pe utilizarea filmului ca suport al înregistrărilor fotografice.

Aerofotografierea reprezintă cea mai simplă și mai economică modalitate de obținere a datelor, atunci când dorim cartografierea unor suprafețe extinse. Prin această metodă se încearcă de fapt minimalizarea efortului de culegere a datelor.

Avioanele fotogrammetrice trebuie să îndeplinească o serie de condiții specifice, printre care gradul de stabilitate în timpul zborului, posibilități de montare și folosire a aparaturii, autonomie de zbor, un anumit câmp de vizibilitate, o viteză constantă etc.

Deviațiile pe orizontală pe direcțiile de aerofotografiere nu trebuie să depășească 3° , iar cele pe verticală 2% din înălțimea de zbor, câmpul de vizibilitate trebuie să fie bun în față, în jos și lateral, pentru identificarea rapidă a reperelor necesare orientării și menținerii aparatului pe direcția de zbor. Aparatele să fie instalate în partea centrală a avionului, iar în sectorul din spate să fie amenajată o cameră obscură pentru încărcarea și descărcarea casetelor pentru filme.

Autonomia de zbor trebuie să fie de peste 6 ore. Camerele aerofotogrammetrice cu dispozitivele sale anexe reglează automat timpul de expunere, realizează o imagine exactă din punct de vedere geometric, reușind să redea clar obiecte de dimensiuni mici situate la distanțe mari, în condițiile deplasării aeronavei și asigură acoperirea stabilită între imaginile fotografice succesive.

Camerele aerofotogrammetrice cele mai performante au o distanță focală scurtă.

Distorsiunea este aberația optică prin care o linie dreaptă din spațiul obiect apare curbată.

Puterea de rezoluție reprezintă capacitatea obiectivului de a reda detalii de dimensiuni mici și cu contrast slab și se exprimă prin numărul maxim de perechi de linii albe și negre care pot fi distinse pe imagine pe distanța de 1 mm;

Luminozitatea obiectivului este cantitatea maximă de lumină pe care o poate transmite obiectivul fotografic;

Modelul digital 3D al terenului se obține prin prelucrarea acestor imagini cu ajutorul echipamentelor și uneltelor software specializate, iar produsul rezultat poate fi exploatat ulterior pentru aplicații practice complexe.

Un model 3D ne oferă o reprezentare foarte exactă a terenului și ușurează procesele de planificare, control și cele decizionale în multe situații. Astfel încât, primul pas care trebuie făcut este definirea unui scop bine determinat pentru realizarea unui astfel de model.

Orientarea fotogramelor

Înainte de a se trece la prelucrarea imaginilor, se folosesc câteva procedee pentru compunerea imaginilor digitale:

Orientarea imaginii este una dintre cele mai importante faze din fotogrammetrie, deoarece permite stereorestituirea, generarea DEM și crearea de ortofoto. După ce structura topologică a proiectului de zbor a fost decis, procesul de orientare este apoi împărțit în două etape: orientarea interioară și orientarea exterioară (care include orientarea relativă și absolută).

- **orientarea interioară** (identificarea unor indici de referință și calculul elementelor interioare pe baza datelor de calibrare a camerei fotogrammetrice); Se descrie practic matematic imaginea obținută în funcție de caracteristicile camerei (număr de pixeli pe linie și coloană, poziția în imagine a centrului de perspectivă, distorsiuni radiale)

În cazul camerelor digitale informațiile sensorului sunt transferate în mod automat, în timp ce în cazul imaginilor scanate analogic este necesară o adaptare semiautomată a mărcilor de reper din prima imagine a benzii. În orice caz, există rapoarte de calibrare disponibile la sfârșitul acestei sarcini, care cuprind informații cu privire la erorile de operare, de distorsiune a imaginii, pe fiecare punct, etc, care facilitează verificarea calității.

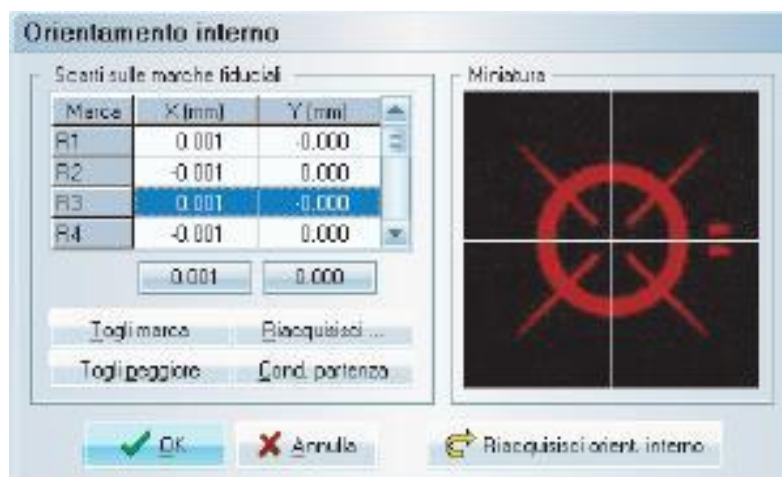


Fig.24.2.1 Metoda de obținere a orientărilor interioare

Orientarea exterioară

În funcție de datele disponibile, orientarea exterioară poate fi efectuată în mai multe moduri. În prezența unui fișier ASCII cu coordonate de localizare în spațiu (X_0, Y_0, Z_0) și unghiuri de înclinare de

la fiecare imagine, datele pot fi importate direct în proiect. Punctele de control de la sol pot fi realizate planimetric, altimetric sau în 3D.

- **orientarea relativă** (realizarea corespondenței dintre imaginile dintr-un cuplu stereoscopic pe baza suprafeței de acoperire. Practic se identifică punctele comune din două sau mai multe imagini ce se suprapun prin autocorelație, în cazul suprafețelor plane sau prin corelație stereoscopică, în cazul suprafețelor deluroase sau muntoase);

- **orientarea absolută** (realizarea corespondenței matematice dintre imagine și teren. Practic se utilizează puncte de coordonate cunoscute ca puncte de sprijin).

În urma operației de orientare absolută se obțin parametrii de orientare exterioară, respectiv coordonatele centrelor fotogramelor în sistemul teren: X, Y, Z și orientarea fotogramei în spațiu în momentul înregistrării imaginii dată prin componentele de orientare în jurul axelor de coordonate Omega, Fi și Kappa.

Exploatarea modelului stereo se face ulterior prin extragerea elementelor de referință: forme liniare, linii, limite, elemente punctiforme sau de suprafață.

Proiectul de aerofotografiere:

Ridicarea fotogrammetrică începe cu proiectarea lucrărilor fotogrammetrice ce urmează a se executa. Proiectantul trebuie să cunoască: suprafața de ridicat care se delimitează pe o hartă la scara 1:100.000 sau 1:50.000; scopul ridicării; modul de exploatare a fotogrammelor și precizia de atins pentru a se putea întocmi proiectul de aerofotografiere care trebuie să precizeze: camera fotogrammetrică (distanța focală, formatul fotogramelor); scara fotogramelor; înălțimea de zbor deasupra terenului; traseele de zbor trasate pe hartă.

După efectuarea zborului, se dezvoltă filmul, se usucă și se fac copiile fotografice pozitive pe hârtie, cu ajutorul cărora se întocmește un mozaic la o scară convenabilă suprapunând fotogrammele după detalii. Pe mozaic se constată dacă s-au obținut acoperirile longitudinale și transversale proiectate și dacă întreaga suprafață a fost acoperită cu fotograme și nu există goluri.

Se verifică calitatea negativelor, claritatea imaginilor și se concluzionează asupra eventualelor completări și calea pe care vor fi realizate.

Aerotriangulația

La orientarea fotogramelor este necesară determinarea unui număr de puncte de sprijin.

Numărul de puncte de sprijin determinate în teren poate fi redus la minim utilizând aerotriangulația. Principalele etape pe care le acoperă aerotriangulația sunt: orientarea relativă; conexiunea modelelor; orientarea absolută a stereomodelului general al benzii; compensarea benzii de aerotriangulație.

Configurația de bază a unui aparat de stereorestituire analitică presupune următoarele componente interconectate: un aparat de observare a fotogramelor de tip stereocomparator; calculator; masa trasantă (ploter) care permite restituiția grafică.

Progresele din aerotriangulația automată au influențat foarte mult fluxul tehnologic al prelucrării digitale datorită implementărilor robuste care reduc considerabil proiectele prin generarea punctelor de legătură (între imaginile unei benzi și între benzi). Ea poate stabili perioada de timp necesară, precum și prețul de cost. În cazul acesta înregistrările digitale sunt direct digitale, filmul fiind complet eliminat ceea ce duce la eliminarea operațiilor de developare și scanare.

Automat AT este cea mai avansată versiune a sistemului GDS Image Orientation care permite aerotriangulația în mod automat. Acest produs este foarte ușor de utilizat și împreună cu o viteză mare de procesare oferă o serie completă de control a erorilor de analiză și a caracteristicilor funcționale. Programul este capabil să determine în mod automat suprapuneri locale între diverse imagini și generarea unui număr extrem de ridicat de puncte (în jur de 100 -150 de puncte pe modelul stereoscopic), uniform distribuite în zonele suprapuse. Observațiile din alte benzi sunt apoi corectate. Există caracteristici care se bazează pe diferite teste statistice care permit utilizatorului să izoleze o zonă largă de greșeli. Alte caracteristici grafice permit utilizatorului să aleaga din zonele mai slabe, în bloc, astfel încât să efectueze orice alte eventuale corectări. Cu un număr mare de puncte, întregul bloc este extrem de stabil și astfel efectul punctelor de control la sol se reduce la o simplă georeferențiere a blocului, fără posibilitatea de deformare. Utilizatorul poate folosi, de asemenea, imagini de la senzori diferiți, în același bloc.

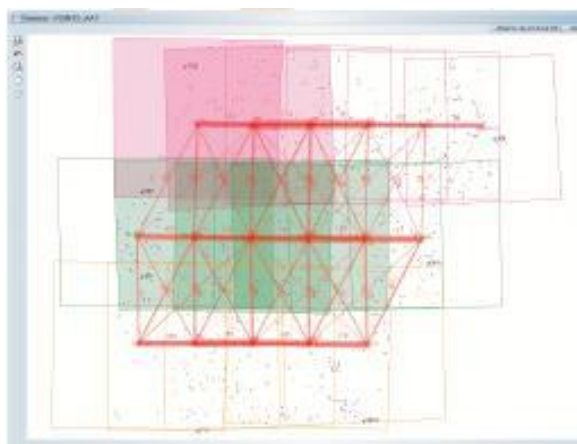


Fig.24.2.2. Suprapunerea benzilor fotogrametrice

Software-ul GDS Image Orientation este disponibil pentru configurații diferite, în funcție de nevoile utilizatorului. Programul are un sistem automat care are ca caracteristică rotirea imaginii, compresia imaginii, decompresie și posibilitatea de tipărire a datelor interne și externe de orientare.

Pentru a putea extrage eficient detaliile planimetrice din modelul stereoscopic imaginile fotografice trebuie pregătite, în sensul optimizării din punct de vedere a stocării datelor, rotite și condensate în formate cu care se lucrează mai ușor cum este de exemplu formatul piramidal.

În cazul în care nu exista fisier de tip .opk ci doar .ori se creaza fisierele .par în dvp. Din fisierele .par rezultate pentru fiecare imagine se extrag informatiile necesare pentru crearea unui fisier de tip .txt care sa poata fi citit de programul Image Orientation.

Pasul final înainte de a putea incepe lucrul în ArcGDS în reprezinta crearea proiectului .gdp în programul Image Orientation.

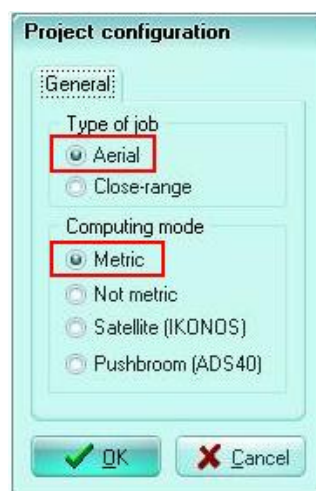


Fig.24.2.3 Configurarea proiectului

În programul Image Orientation deschidem un nou proiect (File → New Project – aerial, metric)

Adaugam apoi imaginile separate pe benzi în felul urmator: în timp ce tabul Images este selectat apasam cruciulita și în casuta de dialog apărută scriem numărul benzii.



Fig. 24.2.4 Deschiderea unui proiect nou

Selectam apoi banda și adaugăm imaginile corespunzătoare în felul următor: apăsăm  și selectăm din folderul proiectului fișierele .ecw transformate anterior, corespunzătoare fiecărei benzi. Procedăm în acest fel până adaugăm toate imaginile de care avem nevoie, separate pe benzi

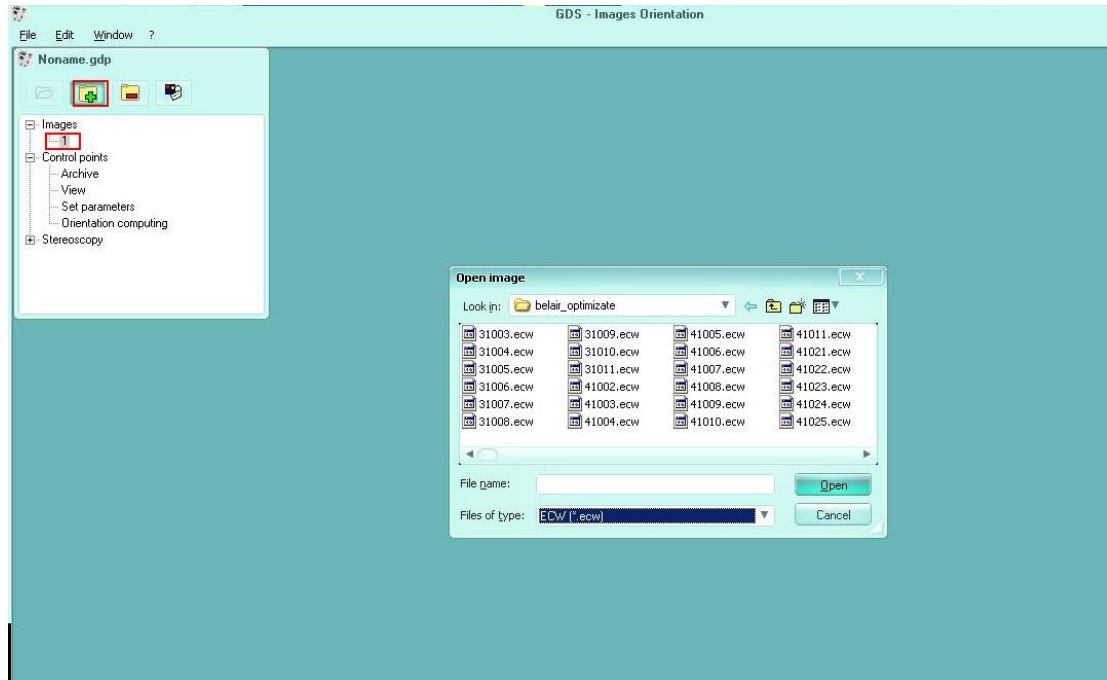


Fig. 24.2.5 Selecția imaginilor

Dupa ce am introdus toate imaginile le orientăm (interior și exterior) în felul următor:

- File → Images Utilities → Inner orient digital images (fig. 24.2.5)

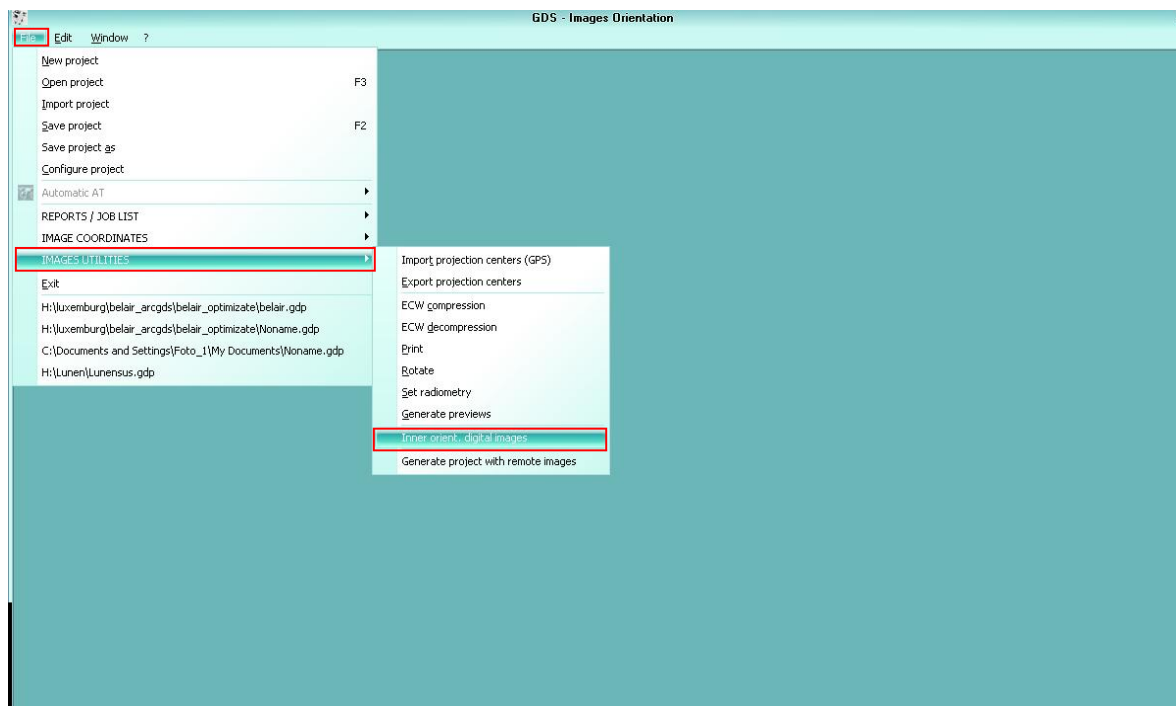


Fig. 24.2.6 Orientarea interioară a imaginilor

În meniul de dialog care apare alegem camera corespunzătoare și apoi selectăm imaginile pe care vrem să le orientăm (shift+ selecție – pentru a alege mai multe imagini) (fig. 24.2.7)

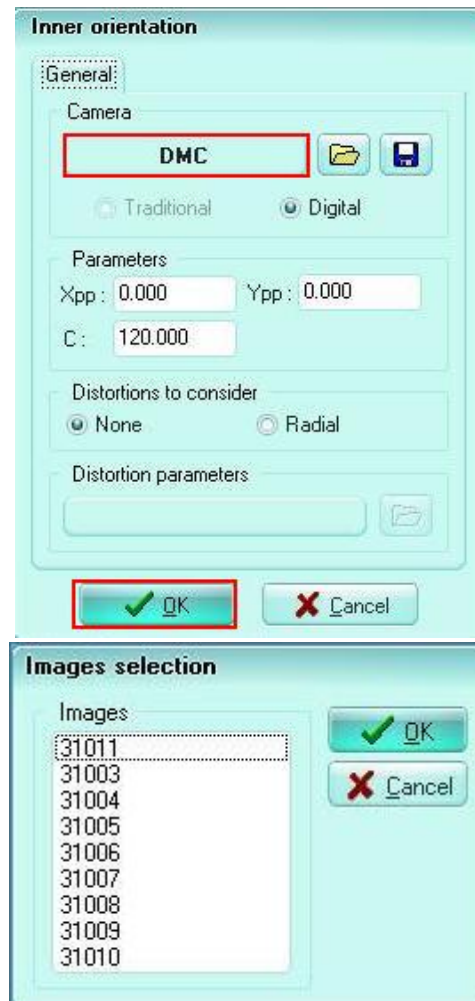


Fig. 24.2.7 Calibrarea imaginilor

- File → Images Utilities → Import projection centers

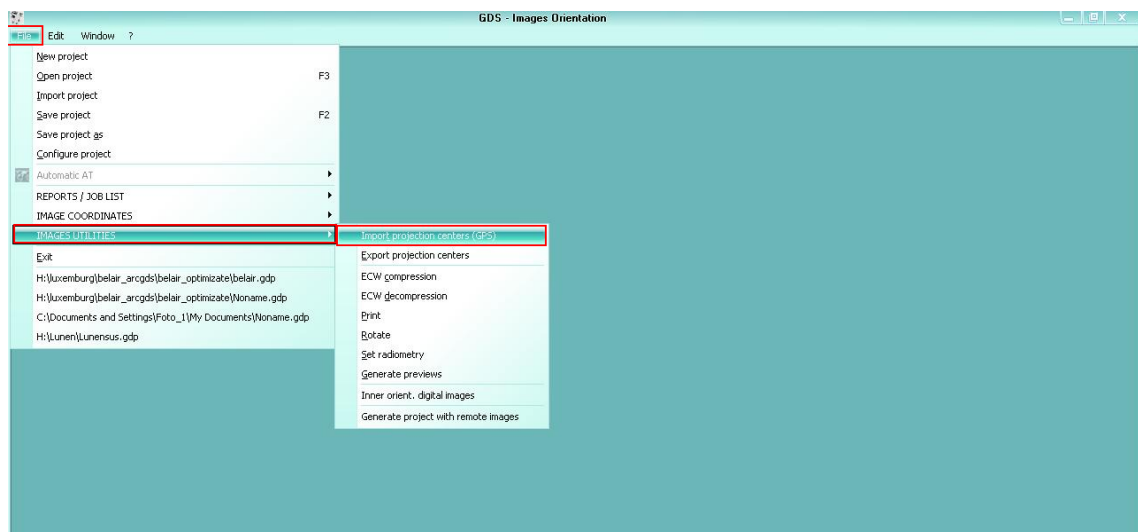


Fig. 24.2.8 Orientarea exterioară a imaginilor

În casuta de dialog care apare alegem fisierul .txt transformat sau creat la pasul 4.3.4

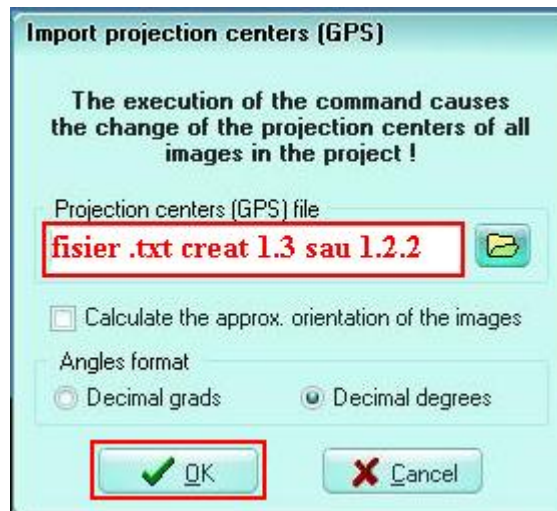


Fig. 24.2.9 Importul coordonatelor centrului de proiectie al imaginilor

Dupa ce am efectuat orientarea interioara și exterioara a imaginilor dam dublu-click pe meniul View din tabul Control points. În urma acestei operatiuni ne apare pe ecran o fereastră numita Ground și un nou meniu Ground în bara de meniuri.

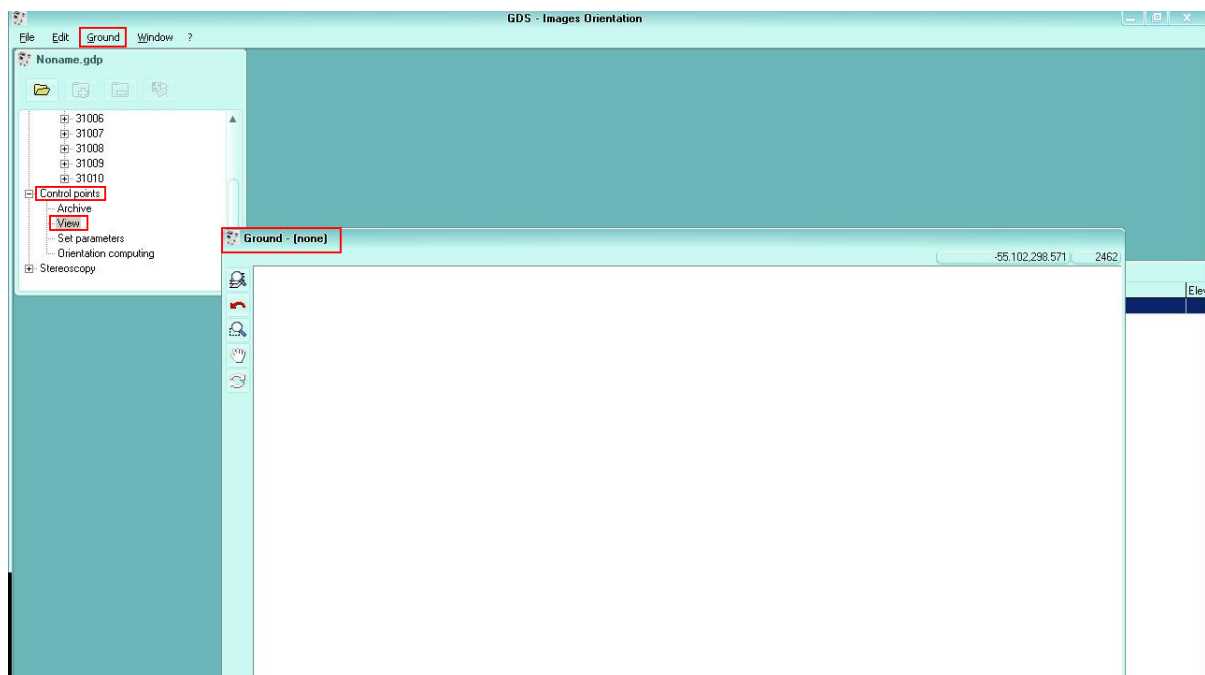


Fig. 24.2.10 Crearea layerului de lucru – coverage-ul specific ArcGIS

Accesand meniul Ground alegem optiunea Save images coverage iar în fereastra de dialog aparuta alegem formatul Arcview (shp) și precizam folderul în care vrem sa fie salvat fisierul (ar fi bine sa fie acelasi folder în care avem salvate imaginile .ecw. fisierul .txt creat la 4.2.4 și proiectul .gdp). în locatia aleasa va fi salvat un fisier numit Coverage.shp care prezinta dispunerea fotogramelor.

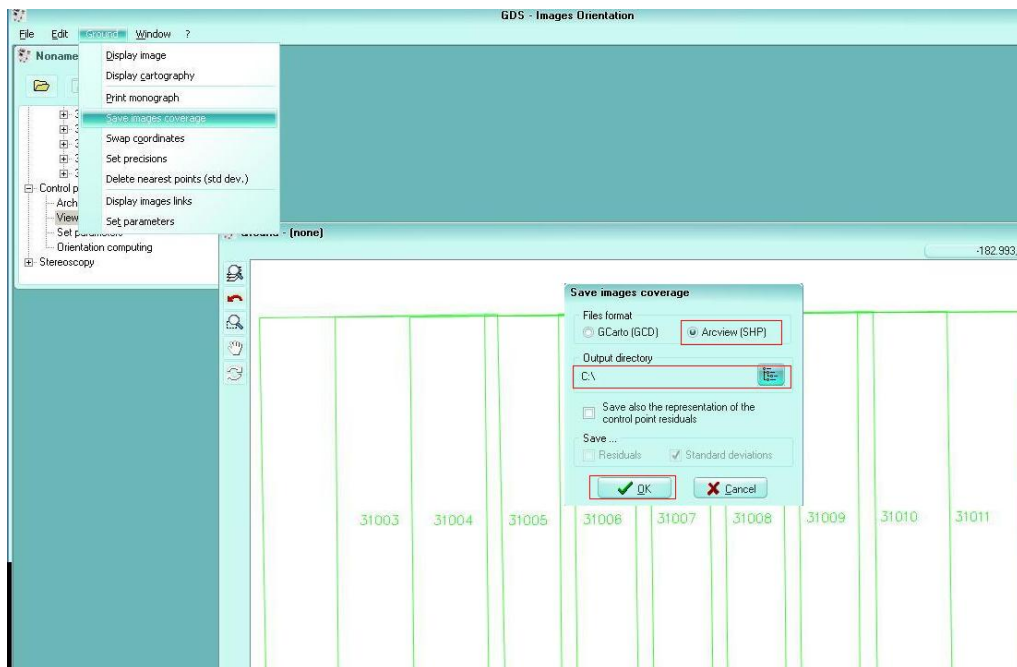


Fig. 24.2.11 Crearea fișierelor de proiect

Salvam apoi intregul proiect din meniul File → Save. (in folderul în care avem salvate imaginile .ecw. și fisierul .txt creat anterior (fig. 24.2.11).

Rezultatele obținute în urma orientării interioare și exterioare, precum și descrierea în detaliu a acestor proceduri se află în **anexa 2 și anexa 3**

Operațiile de extragere a informațiilor privind construcțiile se realizează prin procedulul de restituție (vectorizare 3D). Este metoda cu ajutorul căreia se generează harta digitală 3D a unui teritoriu în format vectorial care poate fi editată apoi cu softuri CAD sau GIS în vederea cartografierii automate, extrăgându-se în același timp și punctele necesare modelării 3D.

Prin proiectarea acoperișurilor, conturilor construcțiilor pe MNT se obține modelul numeric al construcției.

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. Primul pas în crearea construcțiilor constă în vectorizarea acoperișurilor clădirilor din aria proiectului.

Fiecare fațetă din acoperișul fiecărui corp de clădire este vectorizat separat ca poligon. De asemenea și diferitele elemente ce pot apărea pe acoperiș au fost vectorizate într-un layer separat, tot de

tip poligon. O atenție sporită a fost acordată creării de elemente corecte din punct de vedere topologic, fiecare element al acoperișurilor fiind legat de elementul vecin pentru a nu exista spații libere. Un alt aspect important în această etapă este reprezentat de necesitatea ca toate elementele unei fețe să fie coplanare. Pentru atingerea acestui deziderat, în ArcGDS s-a folosit funcția „on a plane”, funcție conform căreia, o dată selectate 3 puncte ce definesc planul, toate celelalte elemente vectorizate până la încheierea editării obiectului respectiv se află în planul delimitat de primele 3 puncte.

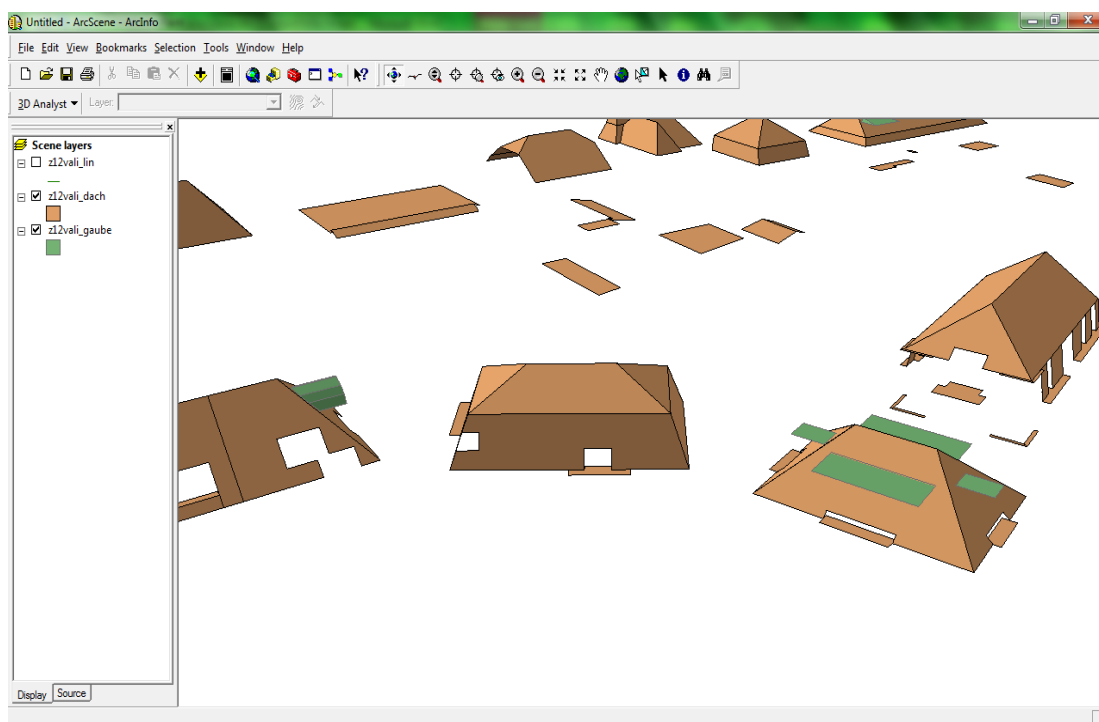


Fig. 24.2.12 Vectorizarea 3D a acoperișurilor

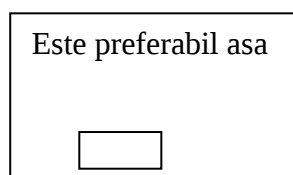
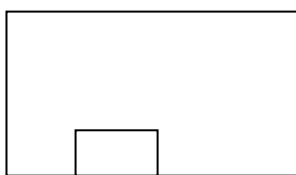
Următorul pas constă în redarea unor atribute esențiale acoperișurilor vectorizate. Tuturor acoperișurilor unei clădiri le-a fost atribuit un identificator bazat pe adresa poștală a respectivei clădiri. Pentru a putea diferenția diferitele părți componente ale unei clădiri, acoperișului fiecărei părți i-a fost atribuit un identificator numeric începând cu cifra 1 care denotă corpul principal de clădire. Cei doi identificatori au fost uniți pentru a obține un identificator unic pentru fiecare corp de clădire.

3 INSTRUCȚIUNI DE LUCRU PENTRU EXTRAGEREA DETALIILOR PLANIMETRICE

3.1 Reguli de vectorizare LOD1

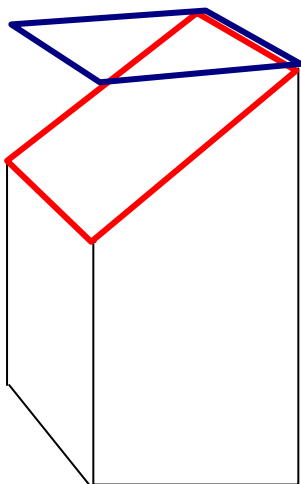
1. Suprafețele acoperișurilor construcțiilor vor fi vectorizate printr-un singur poligon plan și orizontal;

2. Se vor vectoriza constructiile mai mari de 100m² și se diferențiază constructiile care au diferență mai mare de 1.5m pe cota
3. Constructiile anexa lipite de construcția principală și mai mici de 100m² pot fi ignorate
4. În principiu, pentru o construcție se dorește respectarea conturului la sol. Acesta însă trebuie desenat la aceeași cota, cota suprafeței cele mai mari, majoritare. Dacă apar suprafețe mai înalte sau mai mici cu mai mult de 1.5m dar cu suprafețe sub 100m², acestea se ignoră, se desenează la cota generală.
5. Constructiile de pe clădiri mai mici de 100m², nu se fac.
6. Curțile interioare mai mici de 100m² nu se fac, cele mai mari se execută astfel încât să nu apară un poligon în interiorul altuia, vezi exemplul al treilea.
7. Dacă o construcție este mai mare de 100m² și mai înaltă decât cota generală cu 1.5 m ea se va desena ca poligon închis.. Dacă una din laturi se găsește mai aproape de 1m de latura generală se poate forța să fie la distanță de 1m. Nu este greșit să se facă și cu snap sau la distanță corectă dar e preferabil să nu coincidă.



→ Distanță de 1m

În această situație poligonul de deasupra se suprapune cu cel mare de jos.



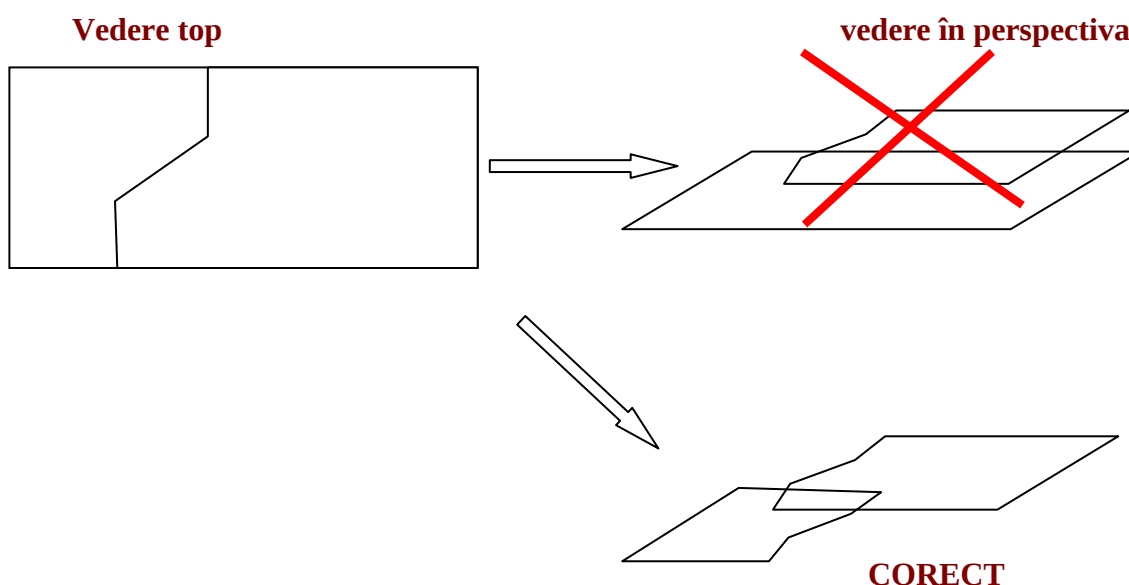
O casă cu acoperiș înclinat doar într-o parte poate fi vectorizată exact la cota reală (cu condiția ca poligonul să aibă doar 4 laturi – pentru a determina o singură suprafață înclinată) cazul suprafeței cu roșu

Altfel se poate vectoriza la cota cea mai de sus ca un poligon de aceeași cota. (cazul suprafeței cu albastru)

Atenție, suprafața cu roșu trebuie să fie coplanară, iar aceasta este posibil doar dacă se construiește prin linii paralele (linia de sus și o paralelă la ea în partea de jos, apoi se construiește poligonul prin capetele liniilor. Nu încercați să faceți construcția de poligoane cu mai mult de 4 colțuri deoarece nu vor fi coplanare.

De preferabil se va construi poligonul albastru, e mai simplu și mai sigur.

Poligoanele trebuie să aibă toate colturile coplanare de aceea trebuie păstrată cota. Astfel se asigură coplanaritatea. În situația în care există două suprafețe la cote diferite cu mai mult de 1.5m, este preferabil și este și mai ușor și mai rapid să se execute ca mai jos (cele două poligoane de cote diferite trebuie să fie snapuite în 2D



3.2 Reguli de vectorizare LOD2

1. Se vor vectoriza construcțiile mai mari de 100m² cu poligoane separate, plane, pentru fiecare fațetă de acoperiș.
2. Se vor diferenția construcțiile care au diferența mai mare de 1.5m pe cota
3. Construcțiile anexa lipite de construcția principală și mai mici de 100m² pot fi ignorate
4. Lucarnele de pe acoperiș care au suprafață sub 2m² nu se vor vectoriza
5. Punctele care formează suprafețele Lucarnei și sunt situate și în planul acoperișului trebuie să fie matematic conținute și în planul fațetei de acoperiș.
6. Curțile interioare mai mici de 10m² nu se fac, cele mai mari se execută astfel încât să nu apară un poligon în interiorul altuia, vezi exemplul al treilea.
7. Toate fațetele acoperișului trebuie făcute în plan prin poligoane cu vertexii coplanari. În ArcCatalog se creează 2 shp-uri de poligoane (Acoperis și Lucarnă), și un shp de polyline. Pe Acoperis sunt vectorizate toate fațetele acoperișului, iar pe Lucarnă fațetele mai mici situate pe acoperisuri.

În cazul în care avem un sir de acoperisuri lipite (fig. 24.3.1) vectorizarea se face începând cu cel mai înalt acoperis.

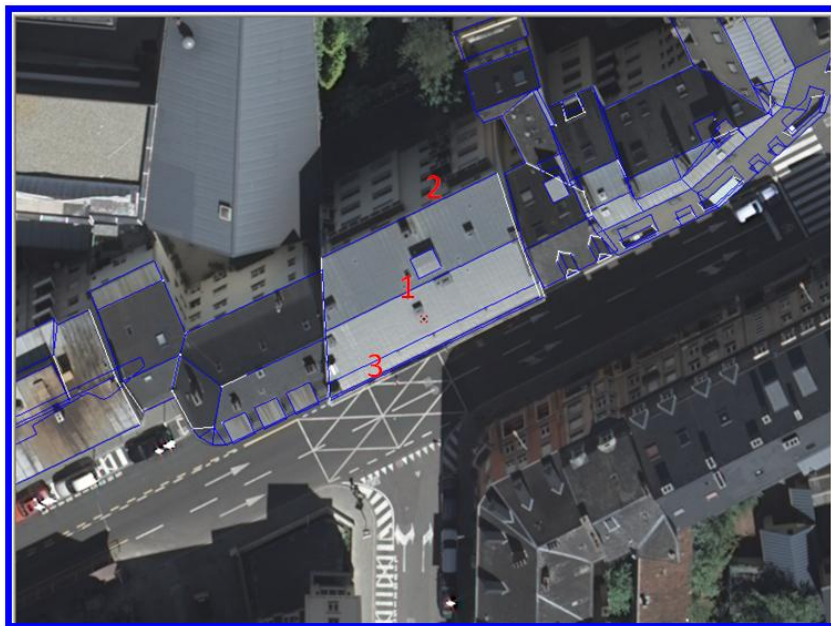


Fig. 24.3.1 Construcții în șir

-În ArcGDS se pot face fațetele ca poligoane de la început. Se creează un layer de polyline pentru a putea duce paralele și cu ajutorul funcției "On a plane" se creează poligoane snapând 2 D sau 3D de liniile ajutatoare din layerul de polyline.

Shp-ul de polyline:

-Vectorizarea unui acoperis se începe ducând cu ajutorul shp-ului de polyline toate laturile acoperisului paralele (cele posibile) (ex: în Fig.24.3.1 dreapta 1//2//3).

-Pentru partile laterale ale acoperisului (latimea): se unește prima -paralela cu ultima cu o linie, iar celelalte laturi din mijloc se duc până în linia rezultată în urma unirii (Fig.5.2). Aceasta metodă duce la o mai ușoară vectorizare a clădirilor de langă

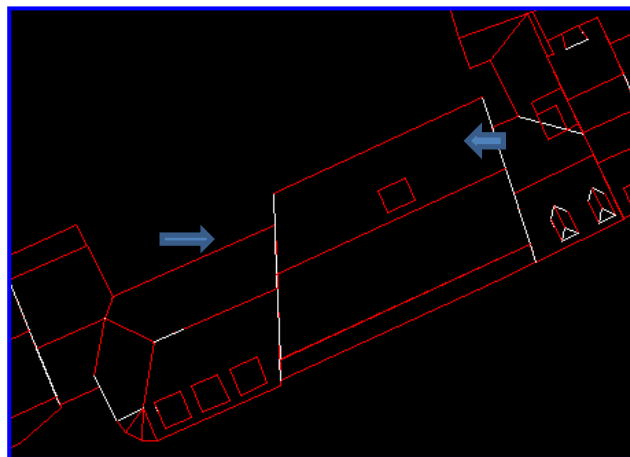
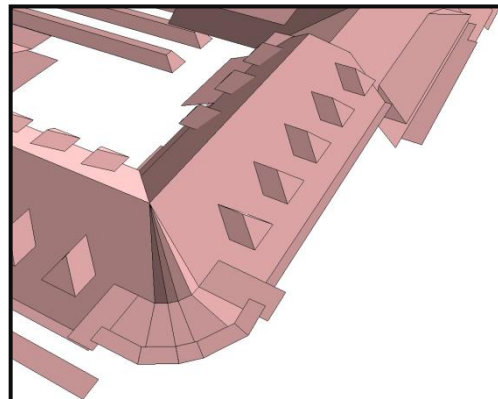


Fig.24.3.2 Shp-ul de polygon (Acoperis):

-Începem vectorizarea polygonului snapându-ne 3D de polyliniile duse în shp-ul polyline.

Alternativa: Pentru a evita unirea paralelelor pe una din partile laterale putem folosi funcția "Orto"

-Fațetele mai mici de pe acoperis sunt considerate Lucarne. De cele mai multe ori planul Lucarnăi se intersectează cu planul acoperisului (Fig. 5.3). Pentru a realiza aceasta intersectie în ArcGDS se utilizează programul Project_inter_plan_snap.dvb (ducem o dreaptă perpendiculară pe planul pe care se afla gauba la înălțimea la care se vede din imagine și apoi folosim programul: 2 puncte pe dreaptă și 3 puncte pe plan, pe cel puțin 2 drepte ale planului) . Sau ca o alternativă în ArcGDS se utilizează funcția "On a plane" (se merge pe două laturi ale planului acoperisului și apoi în locul unde se intersectează gauba cu acoperisul – acest lucru se face pe shp-ul de polyline. Se ia paralela acoperisului și se sunează în punctul obținut).



F

Fig. 24.3.3 Lucarne pe acoperiș

- Sunt 2 tipuri de Lucarnă:

1. Lucarnă care nu intersectează acoperisul (au o înălțime mai ridicată). În acest caz laturile se pot duce paralele cu laturile acoperisurilor (dacă acestea sunt paralele) (Fig.5.4) ,iar dacă nu sunt paralele se duc așa cum se vede din imagine.

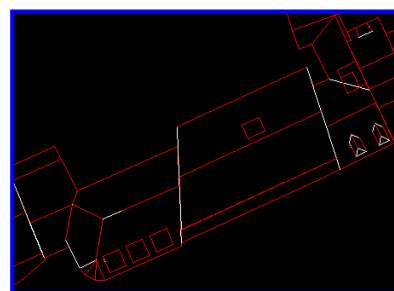


Fig.24.3.4

2. Lucarna care are o latura interioara (cea care se intersectează cu acoperisul) și una exterioara. Pot exista pe o fațetă a acoperisului mai multe Lucarne de acest gen (ex:24.2.3) (Fig. 24.3.5). În acest caz pentru latura interioară a Lucarnăi e nevoie să luăm doar un punct de intersecție și din el să ducem o paralelă la planul acoperisului.

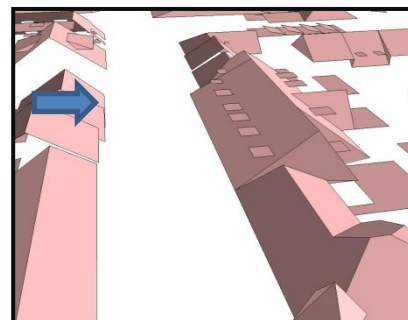


Fig. 24. 3.5

În general și pentru latura exterioară a Lucarnei trebuie dusă o paralelă la latura corespunzătoare a acoperisului.

-Nu trebuie să existe suprapuneri ale fețelor unui acoperiș și nici suprapuneri ale fețelor unor acoperișuri ce provin din clădiri diferite, dar care sunt lipite (doar Lucarnele sunt suprapuse cu acoperișurile).

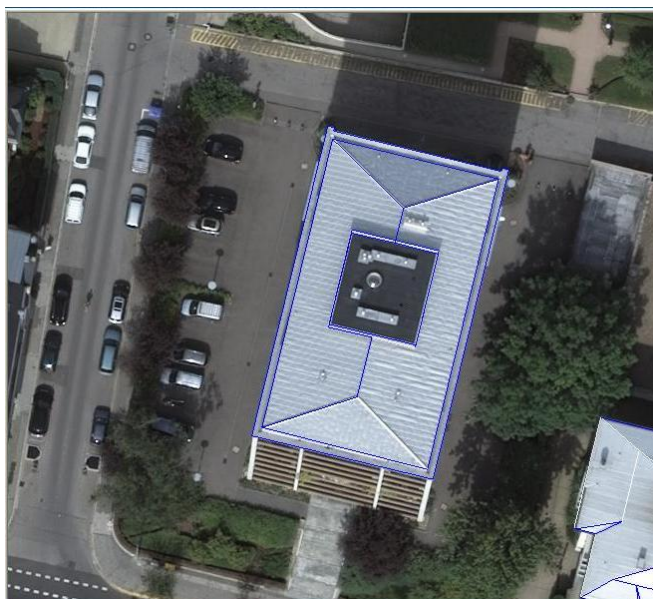


Fig. 24.3.6

-Nu trebuie sa existe goluri între fațetele unui acoperis și nici între fațetele acoperisurilor a doua cladiri diferite lipite. (trebuie snapate 2D sau 3D)

-Daca o fata a unui acoperis are o insula, aceasta fata trebuie facuta din 2 poligoane.

-In cazul în care o față nu este formata din doua drepte paralele, aceasta trebuie facuta în plan cu ajutorul functiei “On a plane”, fara a mai duce drepte paralele.

Aceste reguli trebuie respectate pentru a ajunge la un model 3D corect ca în figura de mai jos.

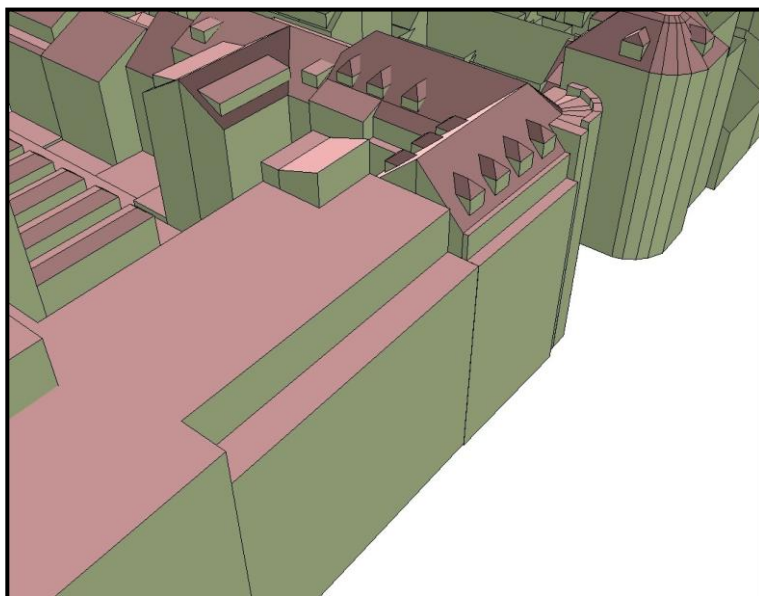


Fig. 24.3.7

4 TEHNOLOGIA DE GENERARE A MODELULUI DIGITAL AL TERENULUI (MDT)

Se cunosc mai multe tehnici de obținere a MDST în funcție de modul de colectare a datelor de bază astfel :

- digitizarea hărților topografice existente și interpolare,
- exploatarea stereogramei prin corelație,
- din nivelele de gri ale imaginii,
- interferometrie pe baza imaginilor radar,
- baleiaj laser în spațiul obiect,
- ridicări topografice de teren.

Toate tehnicile enumerate mai sus pot fi descrise ca un proces tehnologic în două etape astfel:

- prima etapă consistă în colectarea punctelor de bază prin coordonatele lor X, Y, Z ,
- a doua etapă consistă în reeșantionarea datelor în scopul obținerii unei rețele ordonate într-un format dat.

Calitatea MDST consistă în capacitatea rezultatelor obținute de a reda suprafața reală a terenului și este afectată de precizia de determinare a punctelor de baza și de eficiența reeșantionării.

Crearea MDST prin metode fotogrammetrice pe baza măsurării stereogramei prin corelație este un procedeu de obținere a datelor de bază direct, fiecare punct fiind independent de vecinii săi. Metodele bazate pe interferometrie sau tehnicile diferențiale de obținere a MDST determină cotele punctelor în funcție de pantă, orientarea sa permițând propagarea erorilor. Densitatea grilei și geometria sa influențează de asemenea calitatea MDST.

În ceea ce privește densitatea grilei se poate spune că în general aceasta este definită de precizia impusă în determinarea cotelor precum și de factori economici. Metoda a doua în care pasul grilei astfel încât să conserve de precizia de determinare a cotelor este cea mai indicată.

Suprafața care rezultă în urma procesului de măsurare a imaginilor este suprafața observabilă. Pentru imaginile preluate în domeniul vizibil aceasta este suprafața terenului, dar și infrastructura care se desfășoară pe teren, vegetația, construcțiile, podurile etc. Vor fi descrise în continuare tehnicile utilizate pentru măsurarea imaginilor preluate din elicoptere, avioane, platforme spațiale, dotate cu senzori pasivi (camere aeriene, senzori DCS unisau bidimensionali etc) senzori de determinare a poziției și orientării platformei în timpul preluării. Prelucrarea datelor obținute se face funcție de posibilitățile de la preluare și de tehnologiile disponibile, particularitățile legate de senzor și platformă au un impact mare asupra procesului tehnologic adoptat.

Acest lucru se realizează prin corelație plană, corelarea formelor liniare sau dacă s-a efectuat orientarea relativă și absolută prin corelație pe liniile nucleale.

Punctele corespondente se identifică în lucrări precum aerotriangulația, efectuarea orientării relative, crearea modelului altimetric al terenului etc. Corelarea imaginilor se efectuează prin compararea celor două imagini pixel cu pixel. Punctele corespondente între planul imagine și harta digitală se determină în cazul întocmirii ortofotohărților, pentru orientarea absolută, pentru crearea

modelului altimetric al terenului etc. Funcție de accidentația terenului reprezentat pe fotogramă (teren plan sau accidentat), tipul prelucrării imaginii normale sau nu) se pot utiliza metode de corelație diferite.

Metoda corelației imaginilor de prelucrat are mai multe variante funcție tipul imaginii de conținutul informațional al acesteia de raportul semnal/zgomot și de tipul prelucrărilor radiometrice preliminare efectuate.

Metoda de corelație aleasă trebuie să fie robustă față de zgomotul din imagine, să producă un coeficient mare de corelație pentru imaginile aduse în același sistem al valorilor de gri, să fie tolerantă cu variațiile diferențiale de scară și translațiile locale ale punctelor din imaginile de corelat.

Considerăm descrierea suprafeței topografice prin curbele de nivel. Acestea pot fi, pentru o anumită zonă, curbe închise sau deschise, care ies din cadrul zonei.

Fiecare curbă de nivel este reprezentată în mod vectorial și sunt descrise prin o secvență de puncte pentru care se cunosc cele trei coordonate X , Y și Z , în fig 6, ordonate în mod secvențial în fișier. Cota Z este aceeași pentru toate punctele care corespund unei curbe. Coordonatele X și Y sunt reprezentate în sistemul rectangular al hărții.

Este de menționat că o curbă de nivel nu este doar o succesiune ordonată de puncte p_{ij} , ci și o uniune de segmente $[p_{ij}, p_{i+1,j}]$ într-o serie continuă. Este cunoscut că o curbă de nivel poate fi reprezentată numai prin familia de puncte p_{ij} , fiind un caz particular de a subdivide segmentul $[p_{ij}, p_{i+1,j}]$ în mai multe segmente, ceea ce nu poate duce la schimbarea formei planimetrice a curbei de nivel.

Acum ne propunem să interpolăm pe baza acestor curbe de nivel o rețea de puncte cu un interval egal pe cele două direcții X și Y egal cu h .

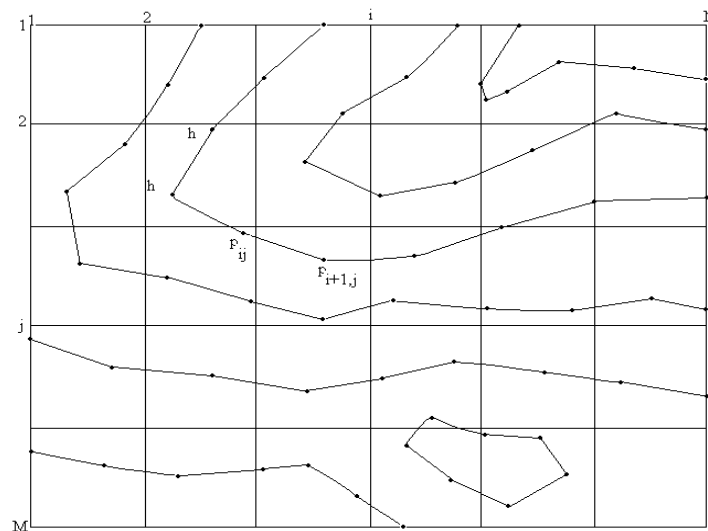


Fig. 24.4.1. Reprezentarea vectorială a curbelor de nivel prin puncte.

Prin interpolare noi trebuie să ne asigurăm că punctul determinat este pe suprafața topografică definită de curbele de nivel prin metoda de reprezentare a reliefului prin curbe de nivel.

Scările planimetrică și altimetrică fiind egale și constante pe toată suprafața reprezentată, putem interpola cu suficientă precizie cotele pe baza curbelor de nivel.

Astfel, realizarea și utilizarea Modelului Numeric al Terenului implica următoarele etape:

- achiziția datelor și construirea modelului. Calitatea datelor folosite se reflectă în acuratețea MNT. Teledetecția și aerofotogrammetria tind să devină principalele metode de culegere a datelor altimetrice. Acest fapt se datorează minimizării efortului de culegere a datelor, corelată cu creșterea acurateții modelelor rezultate. Calitatea modelului ce urmează a fi obținut este aceea care dictează tipul tehnologiei folosite. Se pot utiliza senzori pasivi (camere fotogrametrice sau radiometre) sau senzori activi cum sunt sistemele LIDAR (Light Detection And Ranging) și RADAR (Radio Detecting And Ranging). Plecând de la datele culese, prin metoda interpolării se face construirea modelului care se referă la realizarea unei suprafețe continue.
- manipularea modelului. Aceasta presupune corectarea erorilor, operații de filtrare, modificări ale structurii modelului (transformări între TIN și raster), actualizări ale modelelor pe baza a noi surse de date sau corelarea modelelor provenite din surse diferite.
- interpretarea MNT constă în extragerea informațiilor necesare și analiza modelului;
- vizualizarea MNT se realizează prin intermediul programelor specializate care permit vizualizarea. Posibilitatea de vizualizare a modelului numeric al terenului este corelată cu etapa de interpretare. În mod uzual programe de tip SIG sunt folosite pentru vizualizarea și manipularea MNT.
- exploatarea MNT reprezintă etapa de utilizare a modelului obținut pentru extragerea informațiilor necesare sau etapa de dezvoltare a aplicațiilor specifice pe baza MNT.

Pentru obținerea unui model de calitate este esențială parcurgerea etapelor menționate. Rezultatele obținute într-o etapă pot fi folosite ca feed-back pentru o etapă anterioară, permițând reluarea fluxului de generare a modelului pe baza unor date de intrare îmbunătățite.

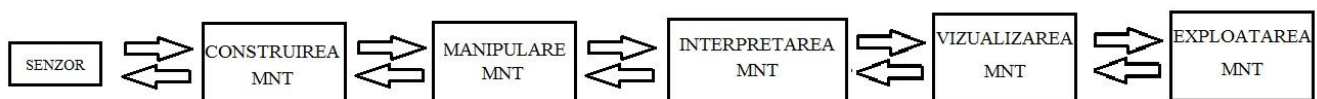


Fig. 24.4.2 Flux de generare MNT

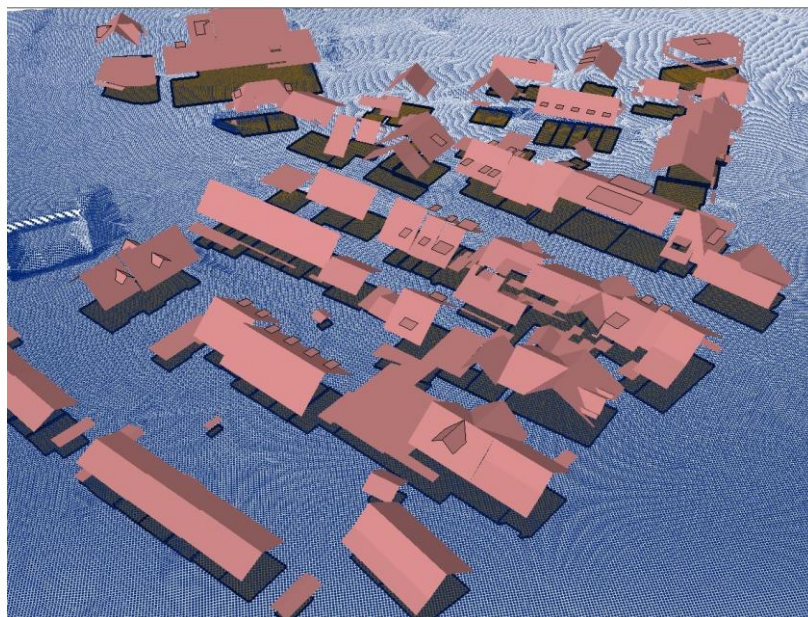


Fig. 24.4.3 MNT și MNC vizualizat în mediu SIG

5 TEHNOLOGIA DE GENERARE A IMAGINILOR 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 practice, 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 aibă 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 încălca 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.

Contururile clădirilor trebuie însă restituite la un nivel de precizie comparabil cu dimensiunea pixelului.

Cu aceste considerente datele de intrare într-un proces de obținere a imaginilor true-ortofoto ar trebui să fie următoarele:

Nr	Date de intrare			Date de ieșire	
	MNC(precizie)	MNT (grid)	Imagini (pixel)	ortofoto	True-ortofoto
1	10cm	1m	10cm	10cm	10cm
2	20cm	2m	20cm	20cm	20cm
3	50cm	5m	50cm	50cm	50cm

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. 24.5.1** se prezintă fluxul 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.

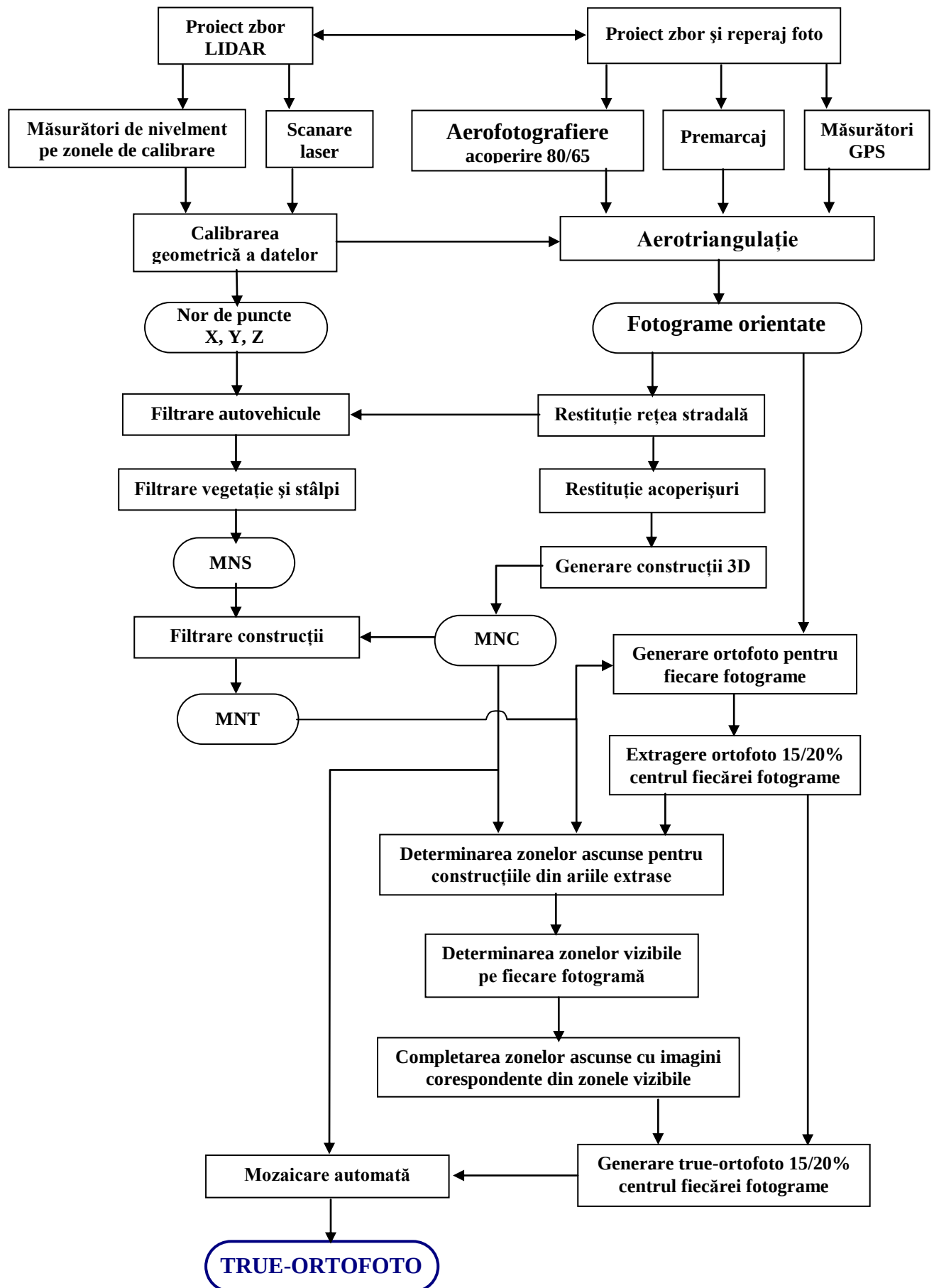


Fig. 24.5.1 Diagrama de flux a procesului de obținere a imaginilor true-orto

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 topogeodezice 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 aceiași algoritmi.

O altă operație de filtrare importantă este eliminarea autovehiculelor care pot fi ușor confundate cu diverse construcții. Pentru ca filtrarea să fie eficientă această operație poate fi sprijinită de rețeaua stradală, alei și parcuri. Practic această informație permite o filtrare corectă și eficientă.

În cazul în care nu se dispune de informația stradală, aceasta poate fi restituită din imaginile orientate absolut.

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.

5.1.1 Suprafețele ascunse (ocluziile)

Deoarece prin efectul de perspectivă ocluziile sunt inevitabile în imaginile aeriene la scară mare, pentru generarea imaginilor true-ortho este foarte necesară utilizarea altor imagini pentru a umple ocluziile. De obicei, ocluziile pot fi reumplute doar din imagini suplimentare vecine. Figura 2.2 ilustrează relația dintre imaginile-master și imaginile-suplimentare(slave) pentru reumplerea ocluziei. Pentru a genera o orthoimage, 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.

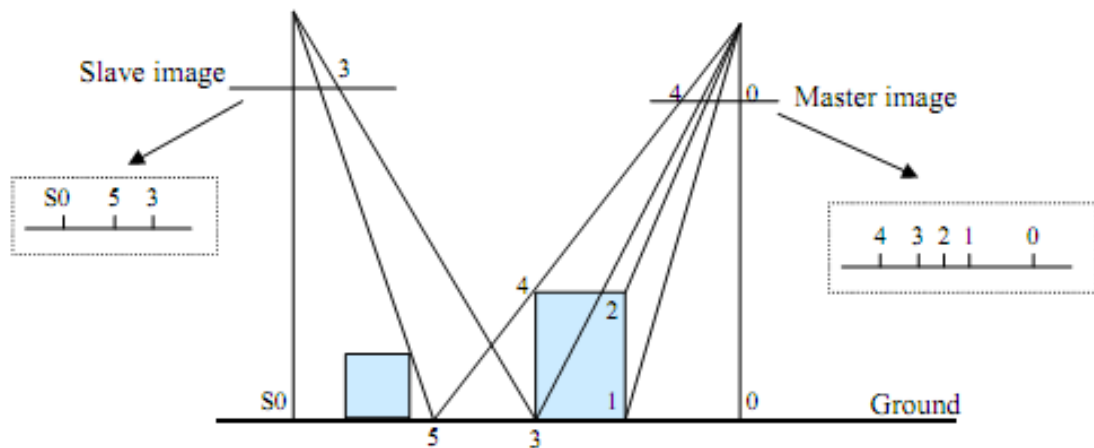


Fig. 24.5.2 - Vizibilitatea ocuziei construcției în *imaginea suplimentară*.

O caracteristică interesantă cu privire la locațiile acestor puncte este aceea că distanțele lor de la centrul 0 al imaginii sunt diferite. De fapt, punctele 1 și 2 ar trebui să aibă aceleași coordonate în imaginea true-orto, dar ele nu sunt în aceeași poziție în imaginea sursă. Această caracteristică fotogrammetrică oferă o bază teoretică pentru a dezvolta o metodă de identificare a ocuziilor: comparând distanțele pixelilor cu aceleași coordonate. Distanța poate fi calculată, pentru simplificare și scop practic, folosind coordonatele imagine a imaginii sursă, după cum urmează:

$$D_j = [(K_j - K_0)^2 + (L_j - L_0)^2]^{1/2}$$

După cum știm, folosind transformarea de coordonate de mai sus, suntem capabili de a calcula coordonatele terestre ale acestor puncte în imaginea de ieșire. Atunci putem converti coordonatele în coloană și rând pentru a determina poziția lor în imaginea de ieșire. Teoretic, punctele 1 și 2 ar trebui să aibă aceleași coloană și rând în imaginea de ieșire, la fel punctele 3 și 4. Cu toate acestea, distanțele lor de la centru imaginii 0 sunt diferite. Figura 2.2 arată că D2 este mai mare decât D1, așa cum este D4 față de D3.

Prin urmare, în timpul procesului de ortorectificare, punctul 2 trebuie să se deplaseze pentru a ocupa poziția de la punctul 1 și la fel face punctul 4 care se deplasează la punctul 3 iar poziția între punctele 4 și 3 în calitate de ocuzie, poate fi completată de mozaicul din imaginile-slave vecine. În scopul de a efectua aceste acțiuni, trebuie să generăm o matrice de date auxiliară care să dețină distanțele pixelilor și coordonatele din imaginea sursă pentru comparație.

5.2 Metodologie de obținere a mozaicului

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).

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.

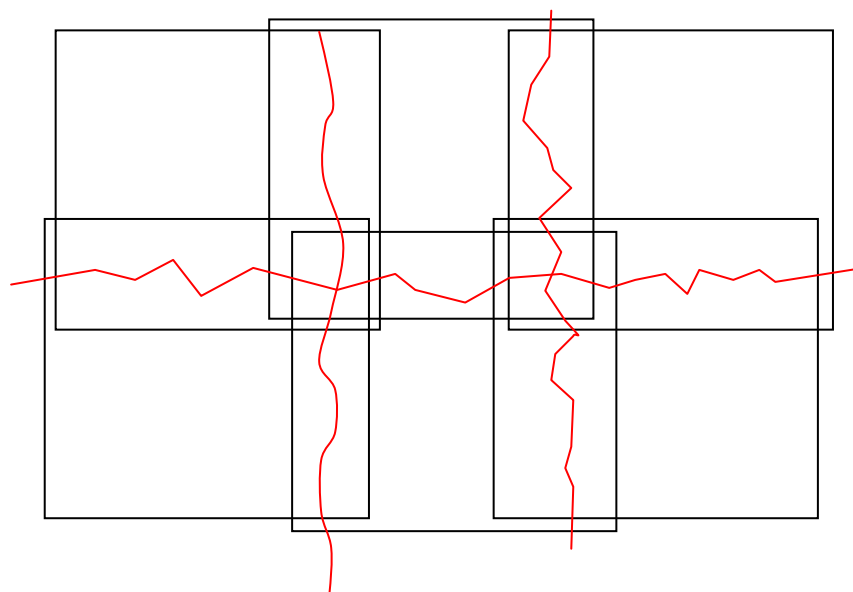


Fig. 24.5.3 Alipirea imaginilor pentru obținerea mozaicului și linia de tăiere

Pentru obținerea mozaicului în cazul fotogramelor nadirale, primul pas este determinarea zonelor de acoperire și trasarea liniilor de decupare (fig. 24.5.3). Atunci când acoperirea este foarte mare mozaicul se obține prin identificarea mai întâi a fotogramei master care cuprinde cea mai mare porțiune din obiectivul dorit.

Fotogramele adiacente, vecine sunt apoi alipite prin linii de decupare simple obținându-se mozaicul.

- **Mozaicarea** se obține prin unificarea mai multor imagini ortorectificate.
- **Operațiunea de rectificare ortofotoplan (Ortophoto Rectification)** – se obțin imaginile rectificate ale modelului stereoscopic, cu ajutorul fisierului 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.

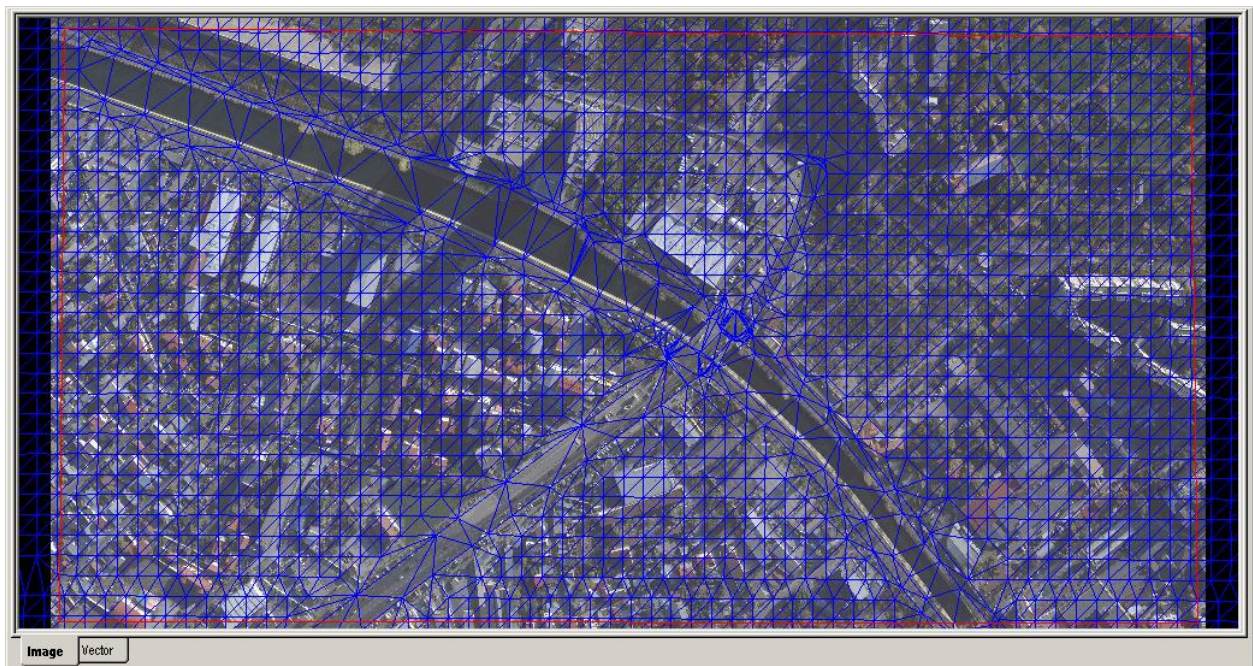
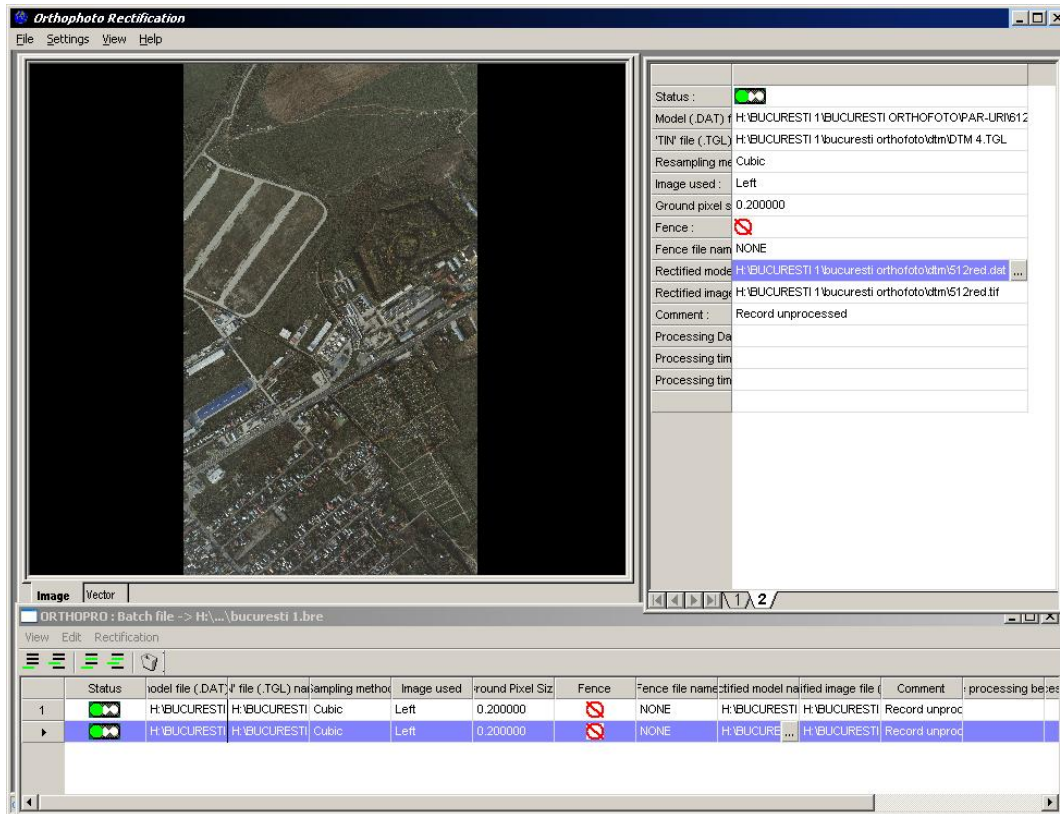


Fig. 24.5.4 Ortorectificarea imaginilor

-realizarea mozaicului (Mosaic-production) este un modul cu ajutorul caruia se genereaza mozaicul, produsul final al acestei operatiuni fiind ortofotoplanul propriu-zis. Primul pas din crearea mozaicului este îndepărtarea unora dintre fotograme, intrucat 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 fotografe alăturate sau din benzi alăturate.

Apoi, deoarece variațiile radiometrice sunt observate de la o fotografie la alta din diverse motive, diferențe de luminozitate pot apărea la intersecția a două fotografe, strălucirea și corectarea unciilor dintre cele două imagini este esențială pentru a da un aspect mozaicului continuu (adică să apară ca o singură fotografie). În al treilea rând, pentru a obține un produs de calitate, îmbinările vizibile între fotografe trebuie să fie, de asemenea, estompate pe mozaicul final. Astfel, Mosaic tool folosește un algoritm care îmbină aceste îmbinări în timpul creării unui mozaic. În cele din urmă, îmbinarea benzilor, care la rândul lor sunt constituite din îmbinări de fotografe alăturate, se face pentru a crea mozaic.

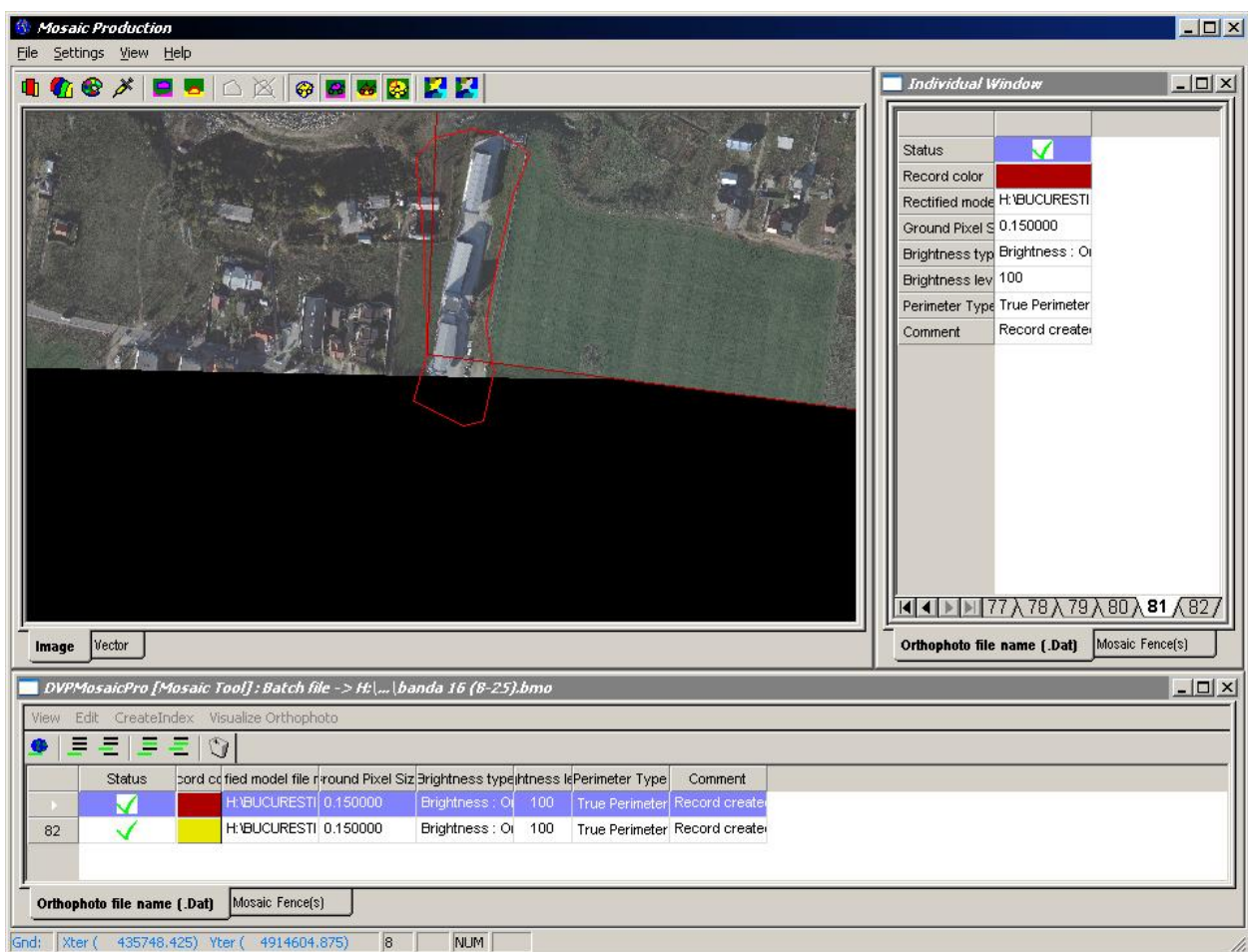


Fig. 24.5.5 Decuparea obiectelor în mozaic

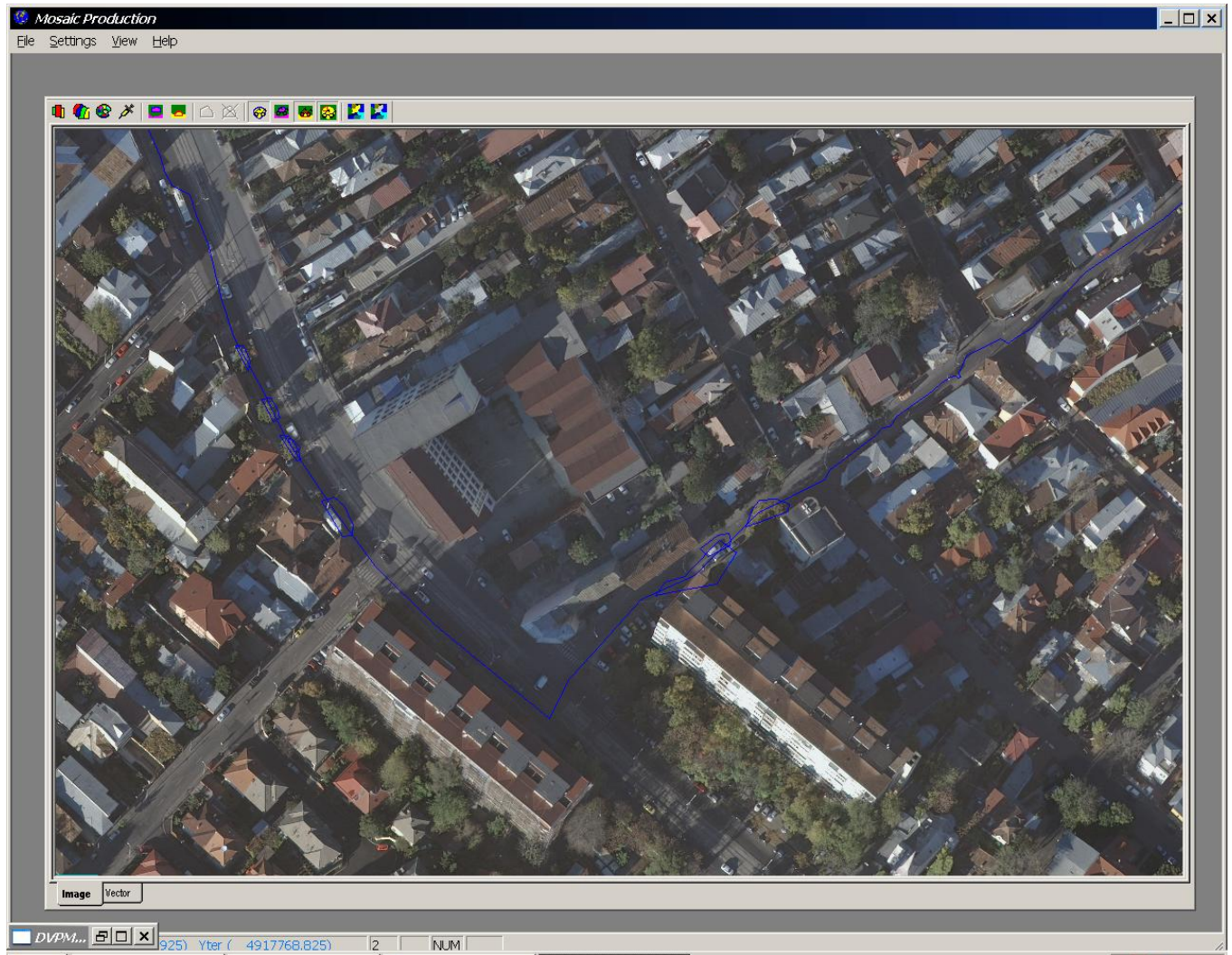


Fig. 24.5.6 Alipirea imaginilor pentru obținerea mozaicului și linia de tăiere pe imagine

6 METODOLOGIA DE OBȚINERE STANDARDULUI CITYGML LA MODELĂRILE 3D ALE UNEI LOCALITĂȚI

6.1 Formatul CityGML

CityGML a fost propus pentru a rezolva problema inexistenței unui format standard pentru gestionarea și schimbul modelelor 3D. Încă din anul 2002 a fost creat Grupul special de Interes 3D în Germania, grup ce are un număr de peste 70 de membrii din mai multe state europene și este format din companii private, instituții administrative, universități și institute de cercetare. Principalul obiectiv urmărit a fost crearea unui standard pentru gestiunea, vizualizarea, analiza și schimbul modelele urbane 3D. În urma unui proces continuu de cercetare în anul 2008 formatul CityGML 1.0.0 a fost adoptat ca standard de către Open Geospatial Consortium (OGC), un consortium internațional de peste 385 de companii, agenții guvernamentale, instituții de cercetare și universități. În prezent CityGML este

recomandat la nivel European pentru a fi implementat în municipiile și capitalele europene, acest process fiind deja în plină desfășurare în țări ca Germania, Elveția, Belgia, Olanda și Franța.

Depășind problemele legate de imposibilitatea utilizării modelelor 3D în alte scopuri decât cel de vizualizare, formatul CityGML asigură atât reprezentarea aspectului grafic al modelelor cât și reprezentarea semantică și tematică a acestora, oferind în același timp posibilitatea utilizării lor într-un număr vast de aplicații diferite. CityGML este un format standardizat disponibil pentru stocarea și schimbul modelelor 3D georeferențiate. Acesta a fost conceput ca un model de date deschis, bazat pe formatul XML și implementat ca o schemă a GML3, standardul extensibil internațional pentru schimbul și codificarea datelor spațiale, emis de OGC și ISO TC211. Modelul CityGML se bazează de asemenea pe o serie de standarde din familia ISO 191, OGC, W3C, Web 3D și OASIS (Groger et al 2008). Fiind un standard deschis poate fi folosit gratuit. Suportând georeferențierea unor modele complexe din punct de vedere semantic, formatul CityGML crează o punte de legătură între modelele virtuale de tip GIS, date georeferențiate ce includ și elemente topografice însă nu sunt foarte dezvoltate din punct de vedere semantic și modelele de tip AEC (arhitectură, inginerie, construcții) modele foarte dezvoltate din punct de vedere semantic însă fără posibilități de a încorpora elemente topografice și care, de asemenea, nu suportă georeferențiere.

CityGML este un model informațional creat în cod VRML pentru reprezentarea obiectelor urbane în spațiul 3D.

CityGML definește clase și relații între cele mai relevante obiecte topografice din localități sau regiuni geografice ținând cont de proprietățile lor geometrice, topologice, semantice și de aspectul vizual. Aceste informații cu caracter tematic sunt astfel structurate și incluse în model, încât să nu deranjeze structura geometrică și formatele de schimb și totuși să permită analize sofisticate în diferite domenii de aplicabilitate cum ar fi simulări, studii de impact, facilități de management, interogări tematice complexe.

6.2 Nivele de detaliere a modelelor

CityGML definește 5 nivele de detalii (LOD - Level Of Details), unde obiectele sunt descrise mai detaliat după cum crește LOD. Simultan, fișierele CityGML pot conține mai multe reprezentări pentru fiecare obiect în diferite grade LOD.

Cele 5 nivele de detalii sunt:

1. LOD0 - model regional (modelul digital al terenului);
2. LOD1 - “model de bloc” (acoperișuri orizontale);
3. LOD2 - “model de bloc” (structuri texturate cu acoperișuri structura reala);
4. LOD3 - “model bloc” (model de arhitectura);
5. LOD4 - interiorul modelului (modele de arhitectură).

Cele mai utilizate grade de detaliu sunt LOD1 și LOD2. Odată cu creșterea detalierii apar și informațiile de textură pe fațade și acoperișuri iar LOD5 conține informații de interior, un astfel de obiect este descris complet în LOD4 fiind extrem de similar celui din realitate.

Cele 5 nivele de detaliu (Levels of Detail – LOD) sunt realizate și pentru a permite o integrare mai eficientă a datelor colectate din mai multe surse diferite:

1. Primul nivel, LOD 0 reprezintă un model regional, referindu-se în principal la seturile de date modelate la așa numitul nivel 2.5D.
2. Cel de al doilea nivel, LOD1 reprezintă un model 3D format dintr-o structură unitară, un singur model tip bloc cu acoperișuri plate. Spre deosebire de LOD1 în LOD2 (modele geometrice) există o diferențiere tematică între suprafețe. În LOD1 modele nu includ orice texturi de construcții sau structuri de acoperiș. Nivelurile de detaliu sunt, de asemenea, diferite în ceea ce privește acuratețea și dimensiunile minime de obiect. De asemenea, fiecare obiect cu o amprentă la sol de 6x6m trebuie să fie inclusă în model.
3. LOD2 introduce posibilitatea de a separa diferitele suprafețe în grupuri tematice cum ar fi acoperiș, perete sau podea. O clădire în LOD2 poate include, de asemenea, instalații, cum ar fi plinte și scări (Gröger et al., 2005). LOD2 permite inserarea de obiecte de vegetație și necesită o poziționare cu o precizie de 2 m, în timp ce precizia înălțimii trebuie setată la 1 m, iar obiectele cu o amprentă de 4x4m sau mai mare trebuie să fie luate în considerare.
4. În LOD 3 (modele arhitecturale) pot fi reprezentate modele arhitecturale detaliate, cu suprafețe separate pentru pereți, acoperișuri, balcoane, etc. El include modele arhitecturale cu structuri de pereți, chiar mai detaliate, și structuri de acoperiș, împreună cu piese de construcție, cum ar fi balcoane și uși. Acestea structure pot fi drapate cu texturi de înaltă rezoluție. Opțional, în LOD3 se pot include deschideri pentru ferestre și uși. LOD3 permite, de asemenea, detalieri pentru vegetație și pentru obiectele de transport. Acesta necesită o precizie de 0,5 m în ambele înălțimi, iar obiectele mai mari de 2x2m sunt incluse.
5. LOD4 (modele cu interior detaliat), cel mai complex nivel, are toate elementele prezente în LOD3, completându-l însă cu structurile interioare ale obiectelor reprezentate. LOD4 necesită o precizie a înălțimii și a poziției de 0,2 m.

În același set de date CityGML, același obiect poate fi reprezentat în același timp pe mai multe niveluri de detaliu, permițând analiza și vizualizarea aceluiasi obiect la rezoluții variate. Mai mult, date conținând același obiect în LOD-uri diferite pot fi combinate și integrate în același set de date.

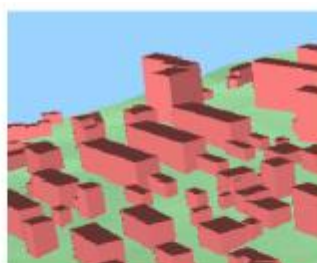
Nivelurile de detaliu se diferențiază și prin nivelul de precizie al informațiilor și dimensiunile minime pe care le pot avea obiectele reprezentate la nivelul respectiv.

Tabelul 1. Nivelurile de detaliu în CityGML

	LOD0	LOD1	LOD2	LOD3	LOD4
Descrierea modelului la scară	regional, peisaj	oras, regiune	sector din oraș, proiecte	modele arhitecturale (exterior)	modele arhitecturale (interior)
Clasa de precizie	cea mai mică	mică	medie	mare	foarte mare
Precizia absolută a punctului 3D (poziție / înălțime)	mai mică decât LOD 1	5/5m	2/2m	0.5/0.5m	0.2/0.2m
Generalizare	generalizare minimă (clasificare a utilizării terenului)	blocurile obiectelor sunt generalizate; >6*6m/3m	obiectele sunt generalizate >4*4m/2m	obiectele apar asemenea realității; >2*2/1m	Reprezentarea elementelor constructive și a deschiderilor
Talpa reazemului	-	-	-	efecte exterioare reprezentative	forma reală a obiectului
Forma acoperișului / structură	Nu are	plată	tip acoperis orientativ	forma obiectului reală	forma obiectului reală
Mobilier urban	-	obiecte importante	obiecte importante	forma obiectelor reală	forma obiectelor reală
Obiecte de vegetație solitare (SolitaryVegetation Object)	-	obiecte importante	obiectele mai mari de 6m	obiectele mai mari de 2m	toate, forma obiectelor reală
Zone umplute cu vegetație (PlantCover)	-	>50*50m	>5*5m	<LOD2	<LOD2



LOD0



LOD1



LOD2



LOD3



LOD4

Fig 24.6.1 Nivelurile de detaliu în CityGML, exemplificare (sursa: Groger et al 2008, 9)

6.3 Conversia fișierelor .shp în CityGML utilizând FME

Conversia fișierelor cu forma .shp de la ESRI în formatul CityGML a fost realizat cu ajutorul softului FME.

FME consideră că un set de date de forma *shape* sunt o colecție de fișiere *shape* într-un singur director. Tipul de geometrie și definițiile atributelor ale fiecărui fișier *shape* trebuie să fie definite în fișier înainte de a fi citit sau scris. *Building surfaces* și *Ground surfaces* au fost adăugate ca seturi de date sursă.

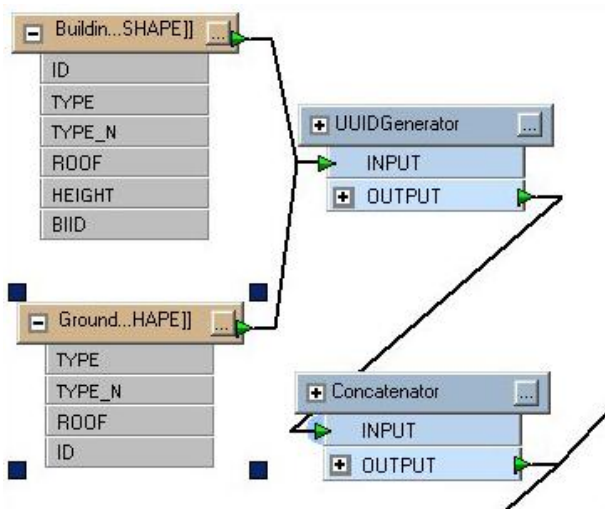


Fig. 24.6.2 Sursa de date

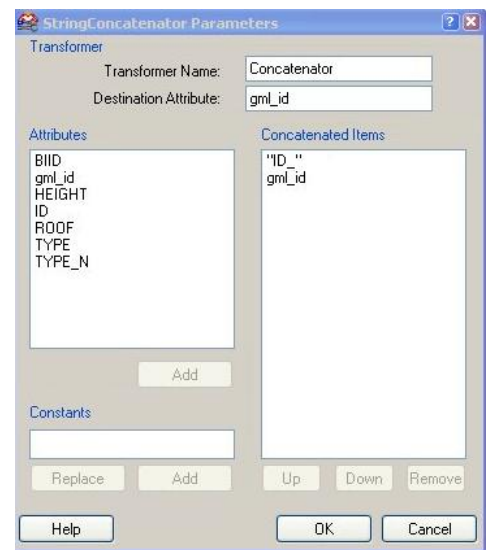


Fig. 24.6.3 Transformator Concetenator

După adăugarea datelor sursă în FME se execută o succesiune de operații asupra datelor. Aceste operații sunt realizate cu ajutorul unor transformatori specifici, sau grupări de transformatori. Grupurile pot apărea în fereastra principală, transformatorii fiind grupați doar la nivel grafic, sau se pot face subrutine personalizate care se pot folosi ca și un transformator uzual în fereastra principală. Avantajul subrutinelor constă în faptul că odată creat, transformatorul personalizat poate fi folosit și în alte diagrame. Printre operatorii de importanță vitală în fluxul de procesare se numără:

- **UUIDGenerator**

Acest transformator calculează un UUID (identificator unic universal), pentru fiecare caracteristică de intrare, și îl adaugă ca un atribut nou. UUID-ul este exprimat ca fiind de tip *string* din 8 cifre hexazecimale, fiecare urmat de o cratimă, apoi trei grupuri de 4 cifre hexazecimale, fiecare urmat de o cratimă, apoi de 12 cifre hexazecimale. Un exemplu de UUID de la datele rezultate arată ca: *UUID_f484b3cd-012d-23cf-8fcb-58986cd61150*.

Acest tip de atribut este necesar pentru a se putea identifica în mod unic fiecare structura din cadrul modelului. În scopul de a aduce datele din ArcGIS în CityGML, ID-ul GML este creat folosind transformatorul UUIDGenerator. Crearea structurii ierarhice în cadrul CityGML se bazează pe definirea relațiilor de subordonare între clasele de elemente (clădiri, părți de clădire, pereților, fețe ale acoperișului, podea).

Acest identificator poate lua valori din rândul atributelor, cu condiția ca aceste valori să fie unice pe întregul model.

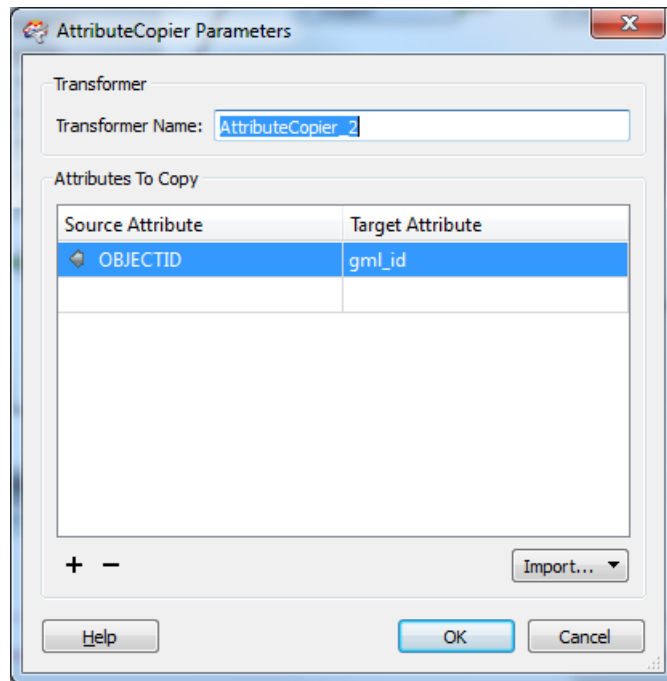


Fig. 24.6.4 Setarea atributelor unice

- **String Concatenator**

Acest transformator se folosește pentru a forma noi attribute prin concatenarea valorilor a două sau mai multe câmpuri. *StringConcatenator* permite utilizatorului să creeze noi attribute pentru structurile modelului pentru a asigura unicitatea elementelor în cadrul procesului de transformare în formatul CityGML.

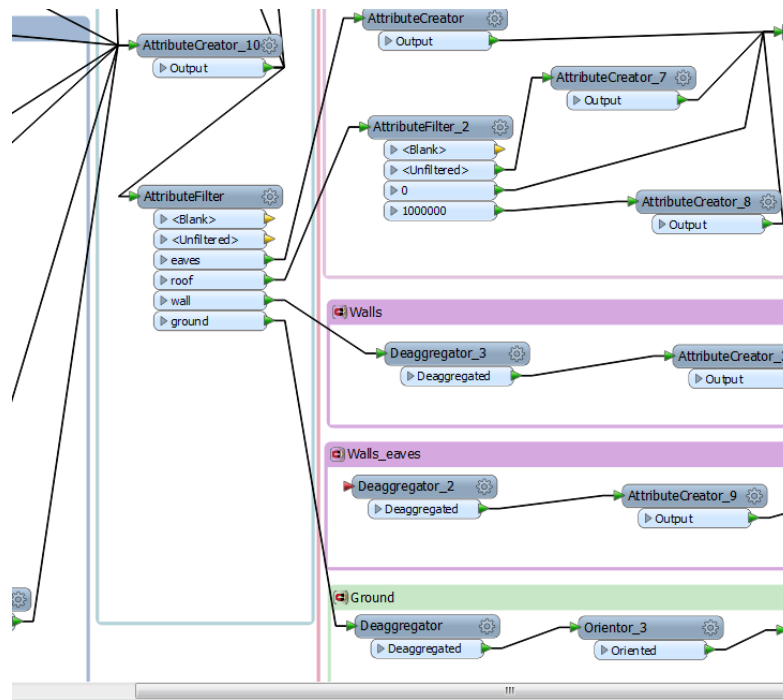


Fig. 24.6.5 Datele sursă și transformări în FME Workbench

- **AttributeFilter**

Ieșirile transformatorului de filtrare corespund cu tipurile asociate elementelor componente. În cadrul procesului de transformare este necesar un minim de tipuri pentru a se asigura un model coerent:

- 1 se referă la „acoperiș”;
- 2 se referă la „pereți”;
- 3 se referă la „baza construcției”;
- 4 se referă la „acoperișuri speciale (lucerne, mansarde)”.

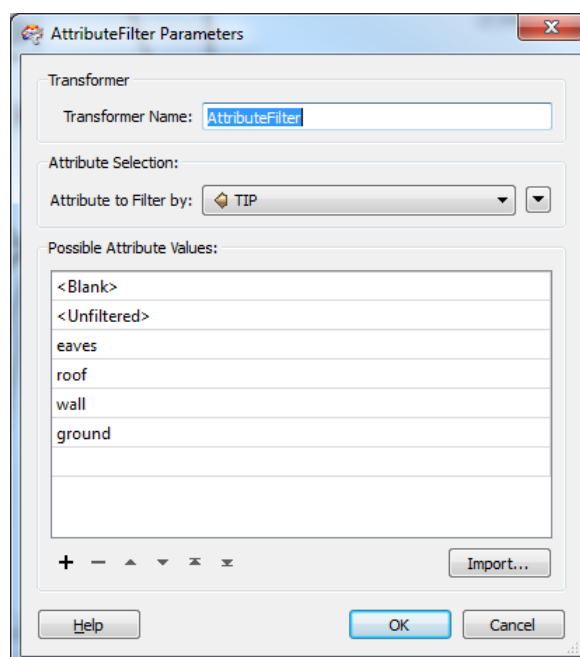


Fig. 24.6.6 Filtrarea elementelor

6.4 Informațiile de adresă

Pentru a genera adresele corespunzătoare unei zone trebuie să exportăm de pe server doar adresele corespunzătoare acestei zone. Avem nevoie de aceste adrese la generarea fișierului .citygml pentru a atribui fiecărei clădiri adresă corectă. Această corespondență se face pe baza câmpului BuildingID. Pentru a exporta adresele de pe server procedăm în felul următor:

- Adăugăm în ArcMap limita zonei și fișierul de adrese de pe server.
- Verificăm apoi să fie completat câmpul BuildingID în fișierul de adrese de pe server.
- Selectăm printr-o interogare spațială toate punctele de adresă care sunt incluse în limita respectivă (Selection → Select by Location)

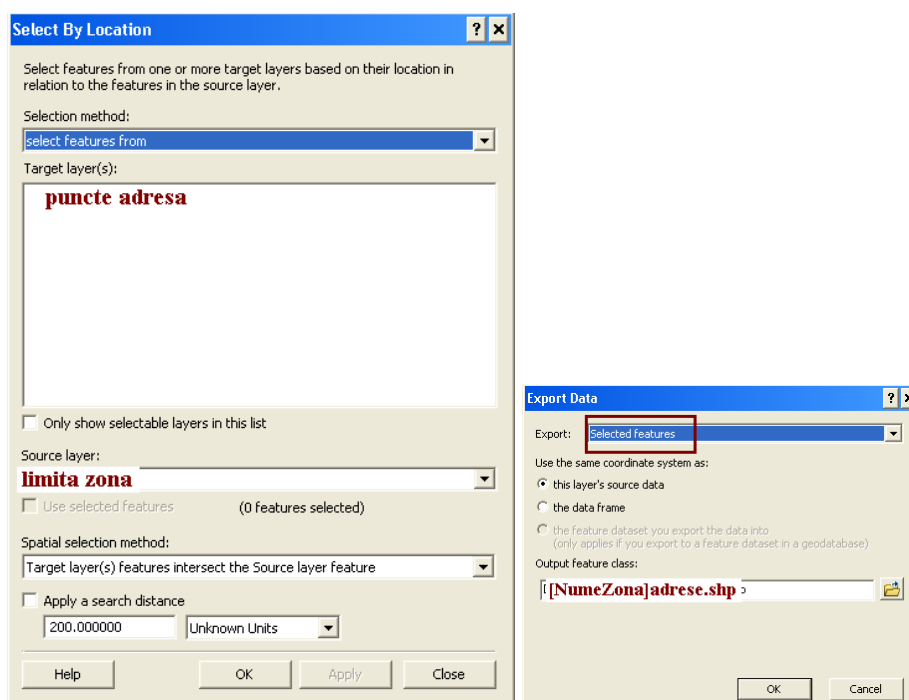


Fig. 24.6.7 Selectarea informației de adresă

- Exportăm punctele selectate sub forma unui fișier .shp (click dreapta pe fișierul de puncte de adresă de pe server → Data → Export data (verificăm să apară bifat selected features)) pe care îl denumim sub forma [NumeZona]adrese.shp (fig. 24.6.7 dreapta)

6.5 Obținerea modelului 3D al construcțiilor

După ce informația de adresă, respectiv un cod de identificare a fost atribuit fiecărei construcții, se poate trece la modelarea propriu-zisă. Se pleacă de la alegerea unei zone de editare în format vectorial fig. 24.6.8 care poate fi vizualizată în perspectivă fig. 24.6.9:

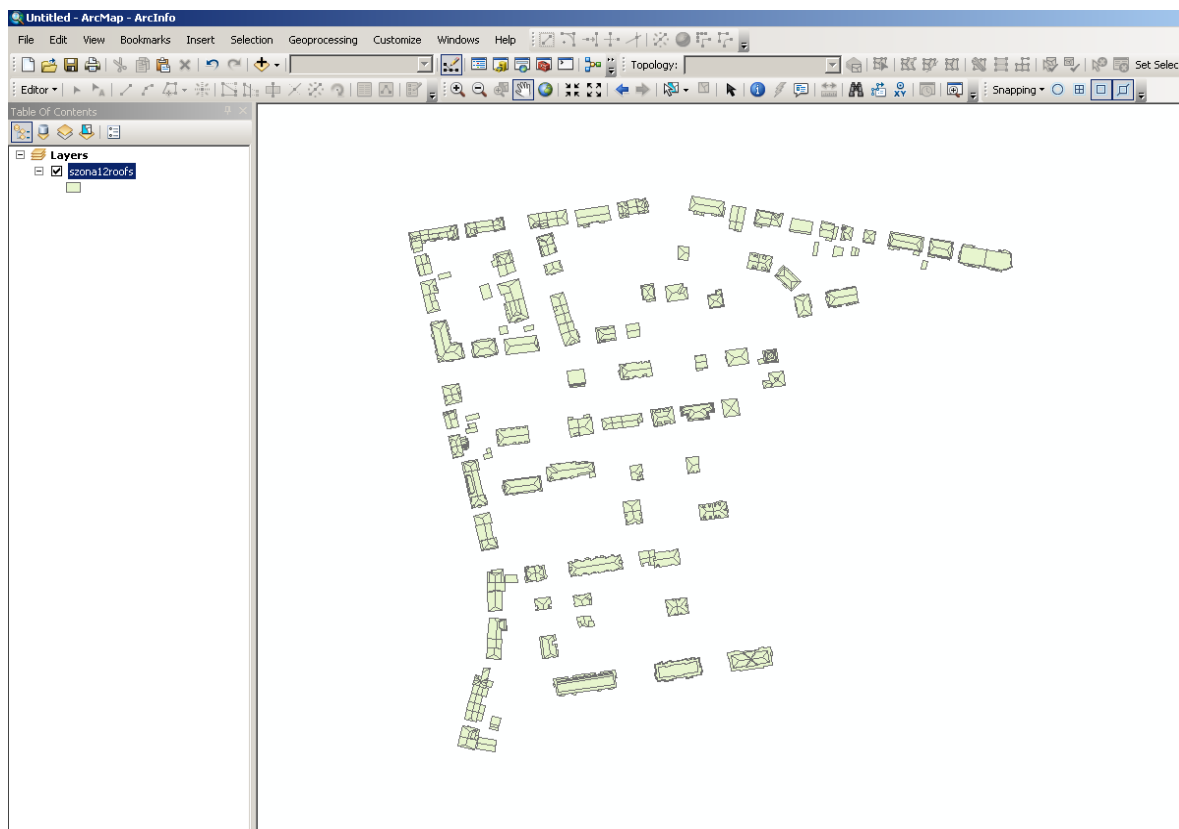


Fig. 24.6.8 Zona de editare - format vectorial

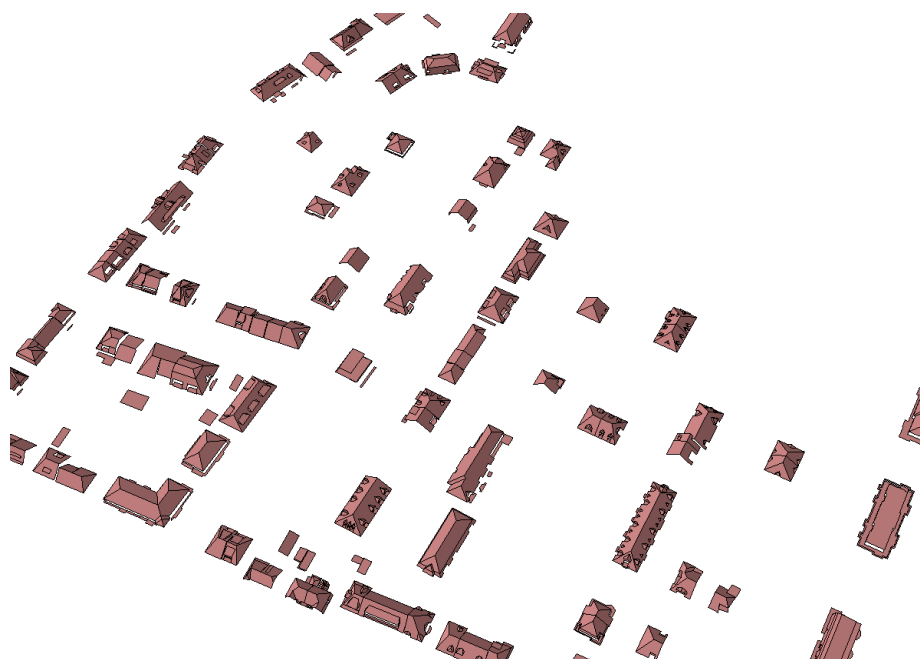


Fig.24.6.9. Zonă editare în ArcGDS

6.6 Modelarea cityGML cu programul GIS-AMP

Pentru realizarea procesului de modelare a fost dezvoltată aplicația proprie GIS-AMP care are ca scop integrarea tuturor etapelor de prelucrare necesare modelării 3D în cadrul unei singure platforme menite să asigure toate funcțiile necesare.

Ca date de intrare se folosesc amprentele clădirilor și fișierul de acoperisuri.

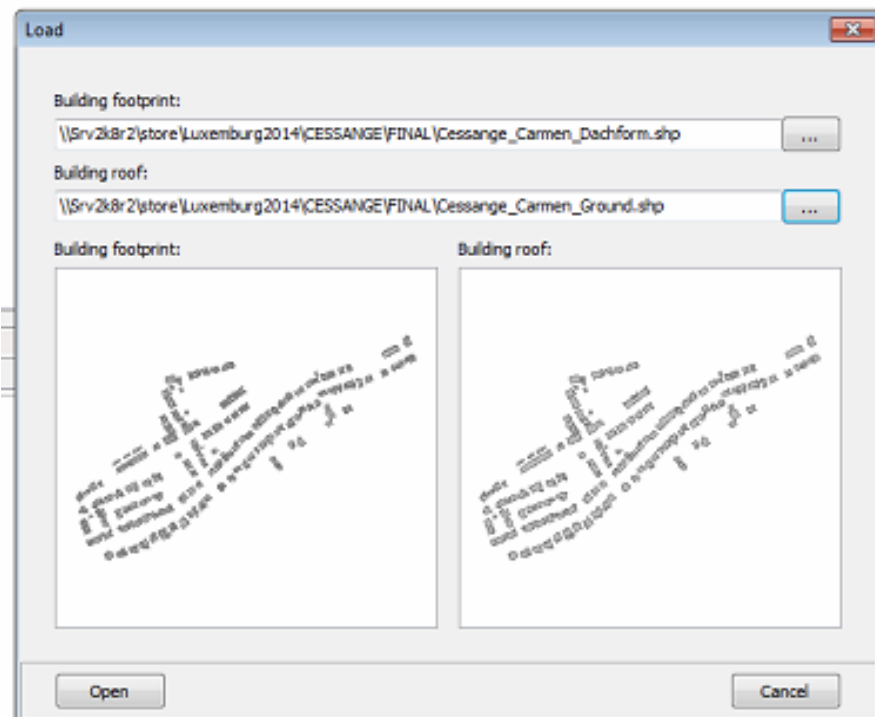


Fig.24.6.10 Import aplicație GIS-AMP

Aplicația execută o prelucrare preliminară a datelor pentru a elimina erorile de topologie și apoi creează fișierele pentru export.

Fisierele pot fi exportate în format .shp. Pentru fiecare element component al construcției se exportă layerul respectiv.

Atribute sunt respectate în timpul prelucrării și sunt preluate de toate structurile noi create, cum sunt pereții și streșina.

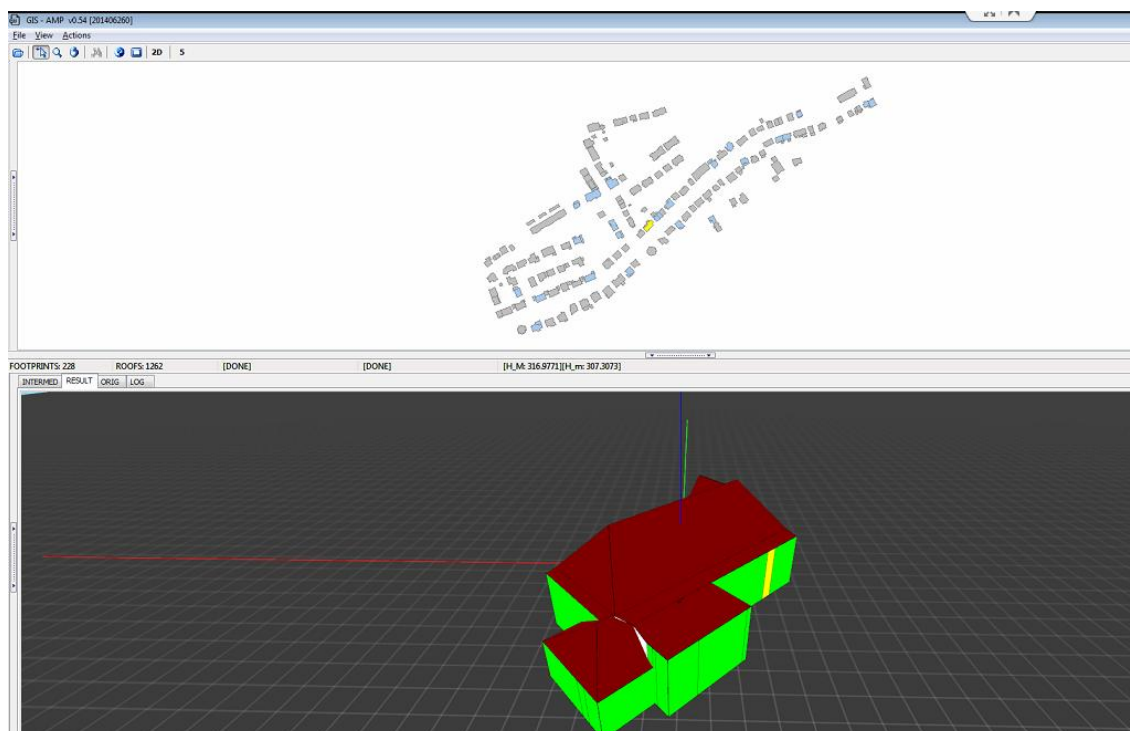


Fig 24.6.11 Vizualizare in aplicatia GIS-AMP

In cazul constructiilor complexe exista posibilitatea editarii manuale de catre un operator.

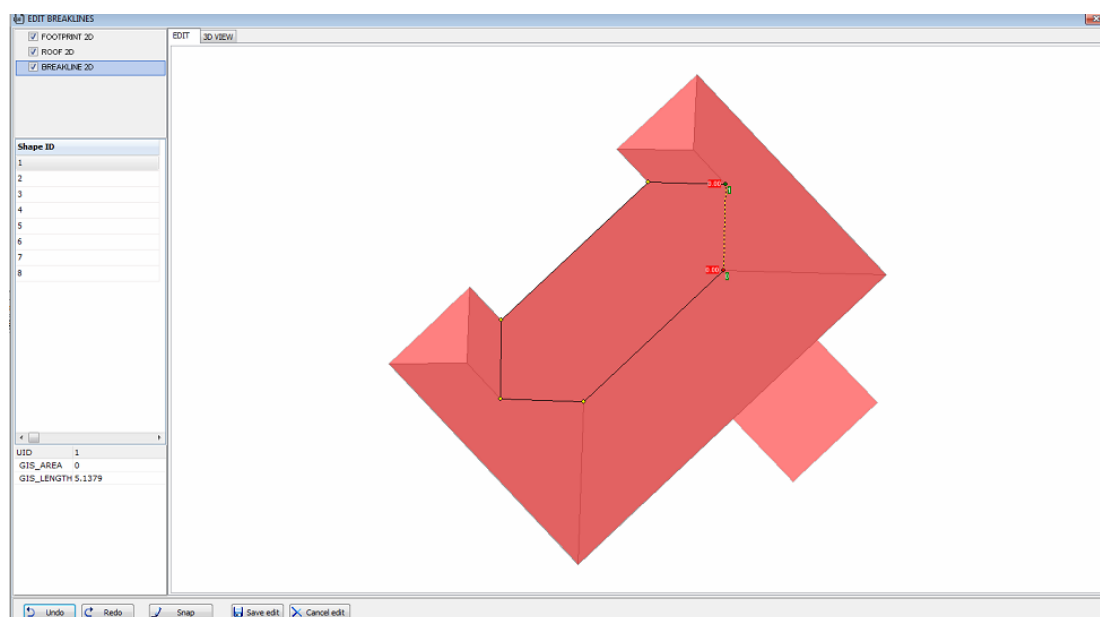


Fig 24.6.12 Fereastra de editare a aplicatiei GIS-AMP

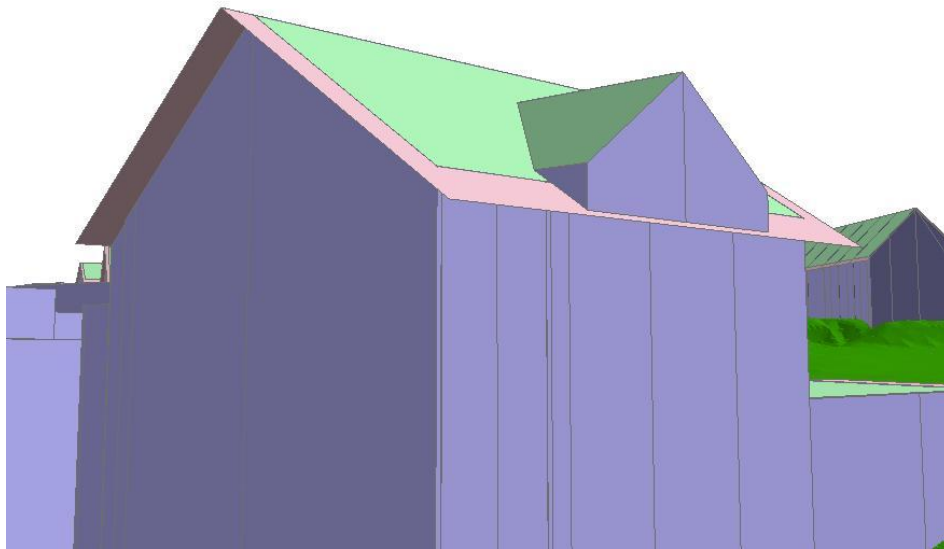
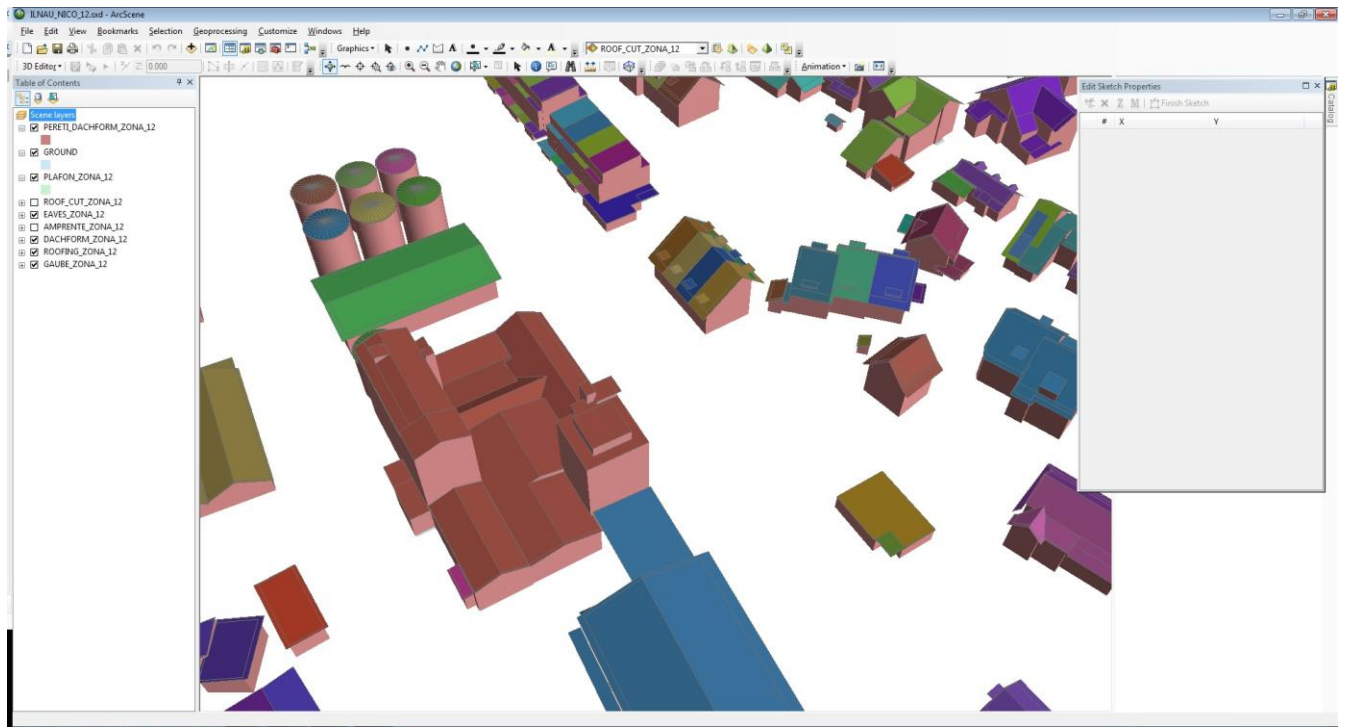


Fig 24.6.13 Modele cityGML

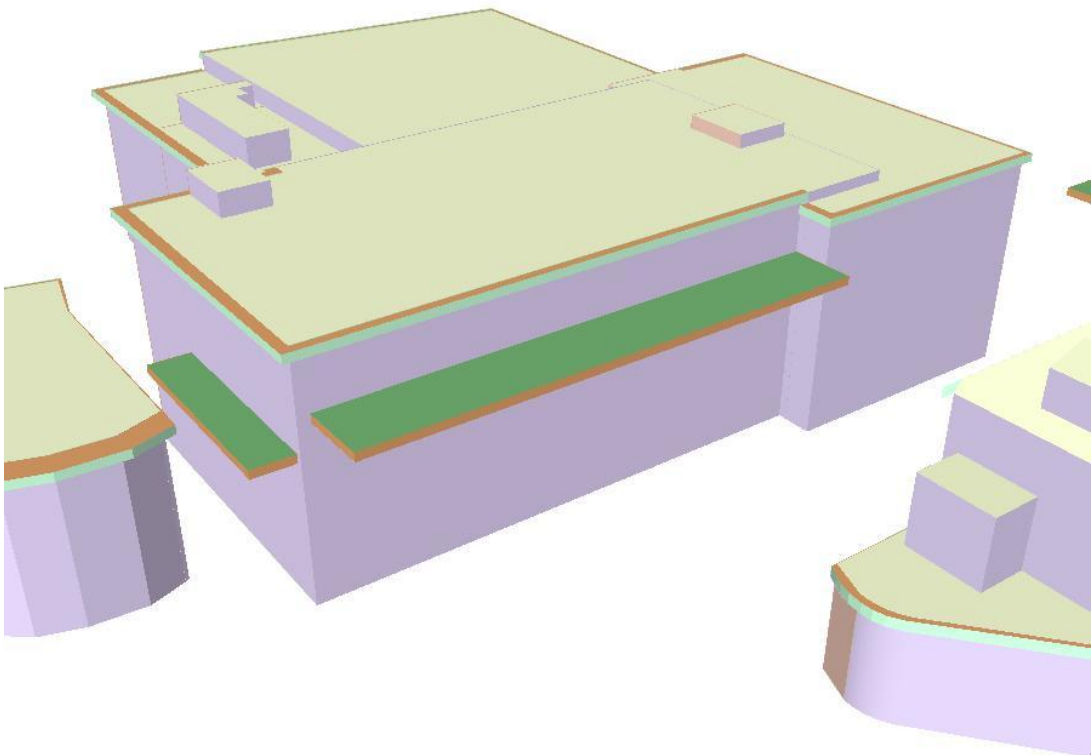
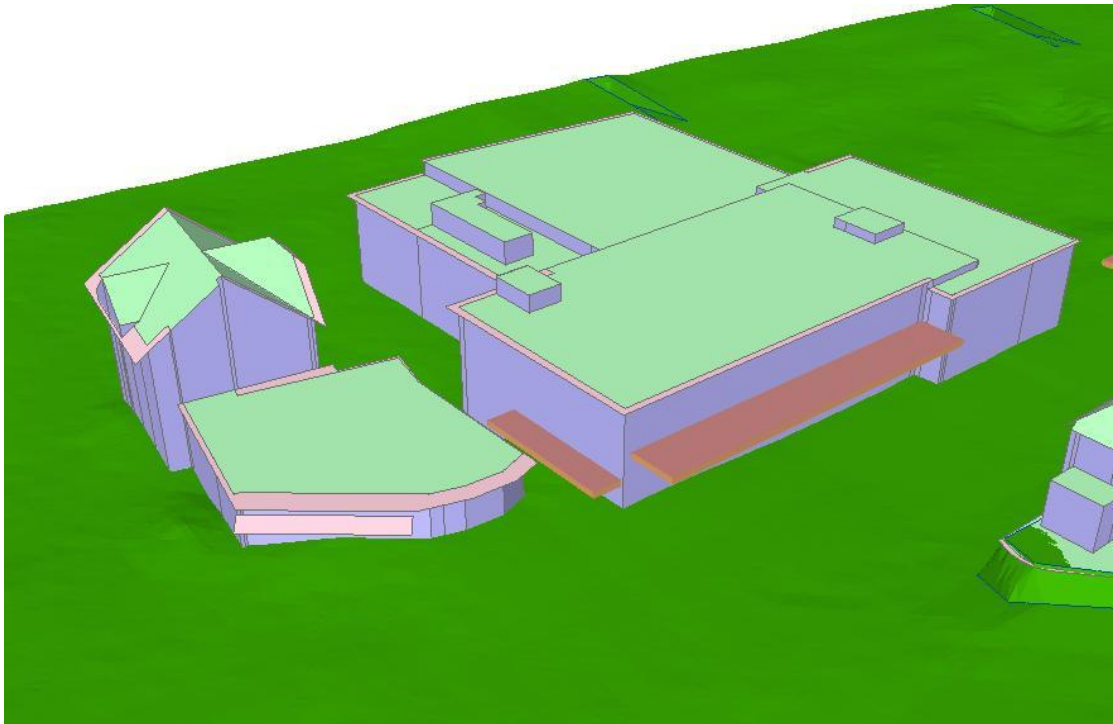


Fig 24.6.14 Prezentare perspectivă modele cityGML

7 CONCLUZII

7.1 Metodologia generală

Platforma de tip ETL FME Workbench a fost folosită ca suport pentru realizarea majorității aplicațiilor utilizate în metodologia de realizare a modelelor 3D.

Cel mai sugestiv exemplu de astfel de aplicație este realizarea modelului în format CityGML cu texturarea acoperișurilor.

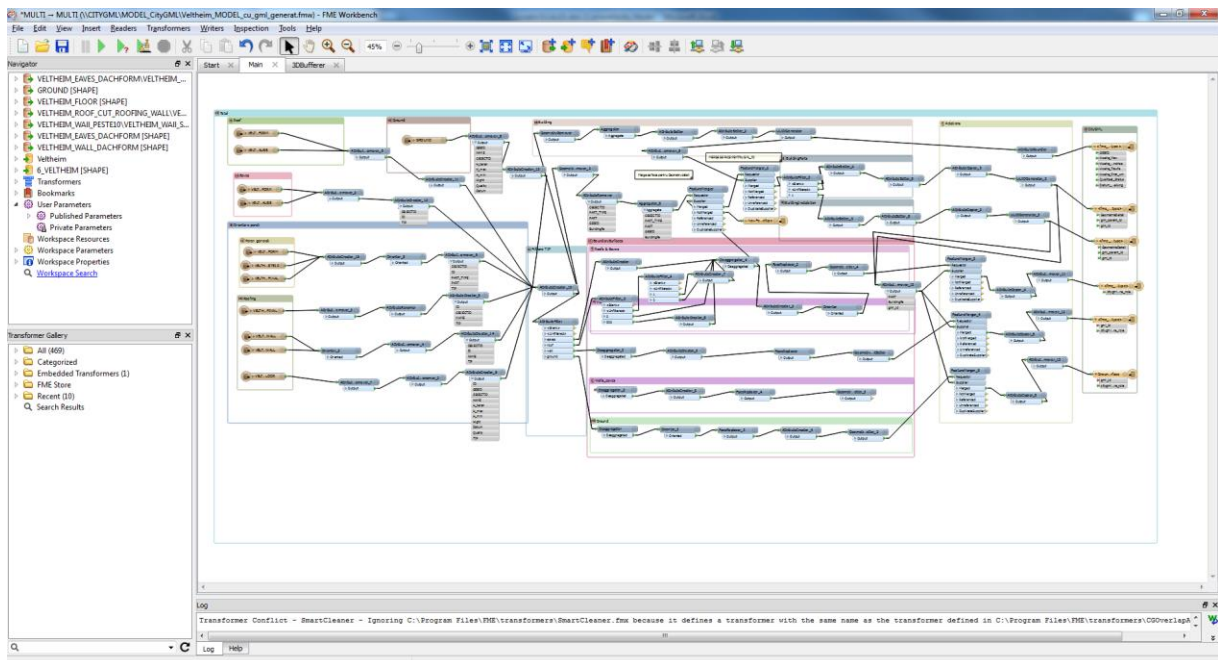


Fig. 24.7.1 Schemă complexă de generare a modelelor în standard CityGML

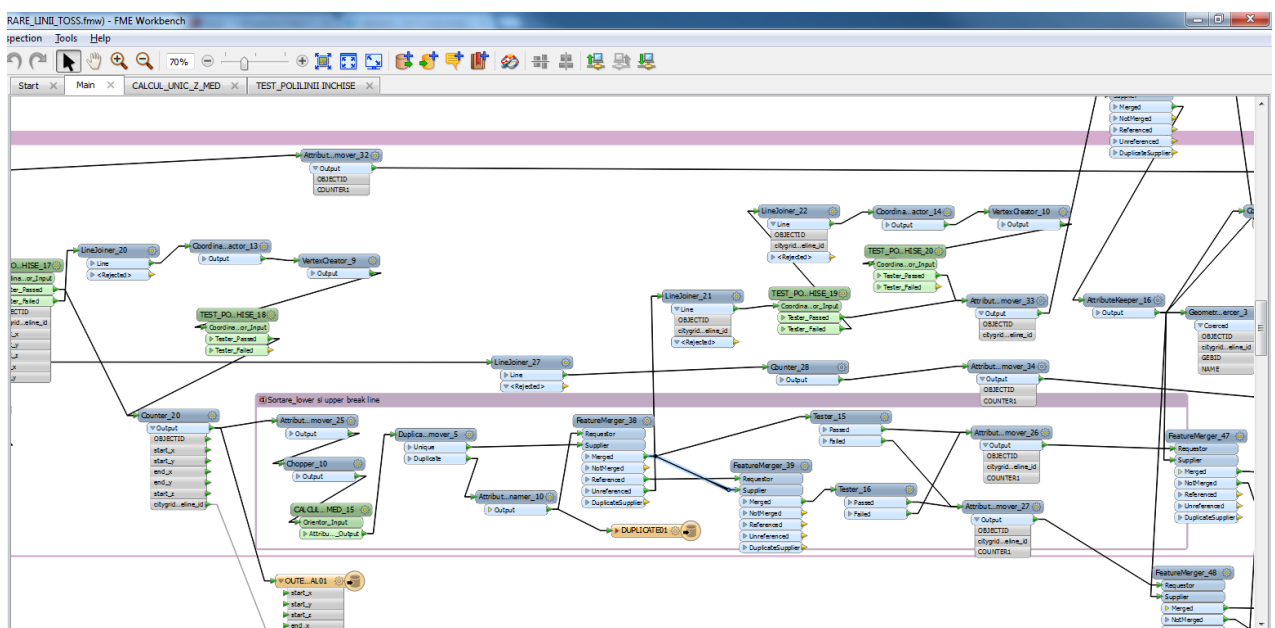


Fig.24.7.2. Extras din structura de transformare în structura de linii

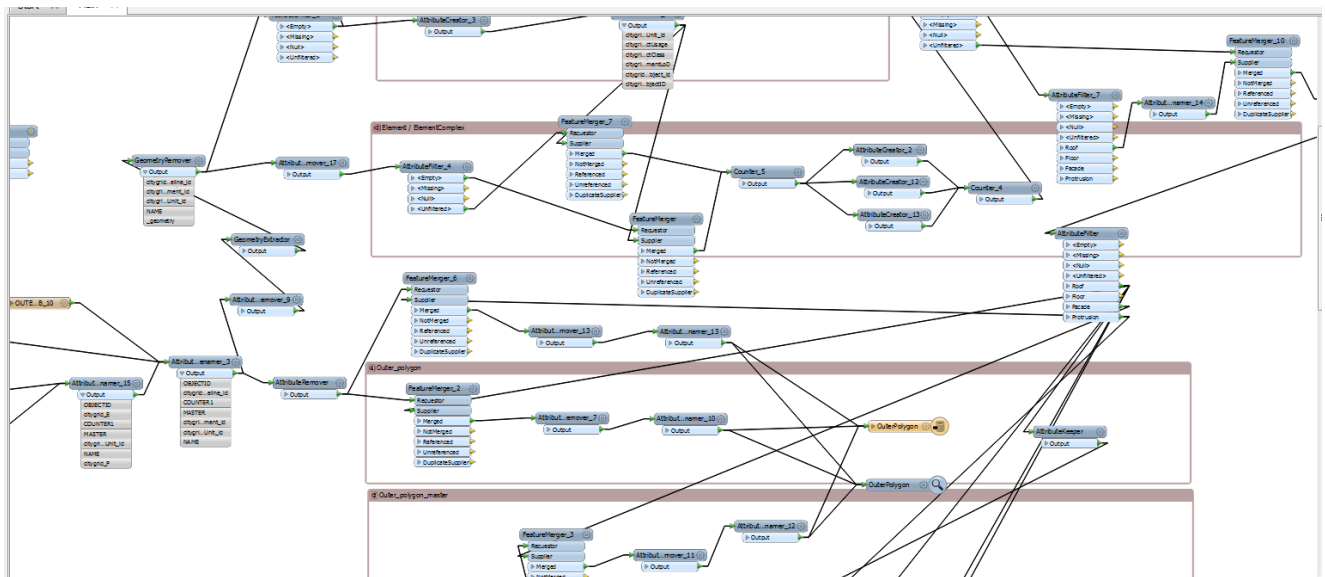


Fig. 24.7.3. Extras din structura de transformare în format .xml

Pe lângă acest model complex care reprezintă o schemă de generare care înglobează mai multe subrutine, în cadrul procesului de generare a unui model al unei localități se folosesc și alte aplicații care execută sarcini punctuale, dar care datorită caracterului repetitiv sunt extrem de necesare și folositoare întregului proces de modelare.

Dintre aceste aplicații se evidențiază:

- aplicații destinate verificării planarității;
- aplicații de proiectie și editare a diferitelor structuri ale unei clădiri (pereti, acoperis, etc)

Acest tip de aplicații se particularizează pentru fiecare tip de proiect în parte, fiind necesare setări diferite pentru fiecare sarcină care îi este dedicată aplicația.

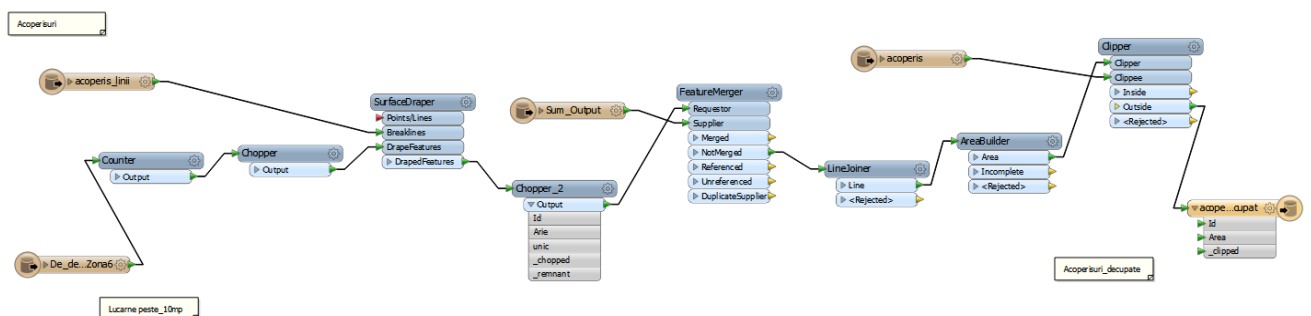


Fig. 24.7.4. Extras din structura de decupare a acoperisurilor

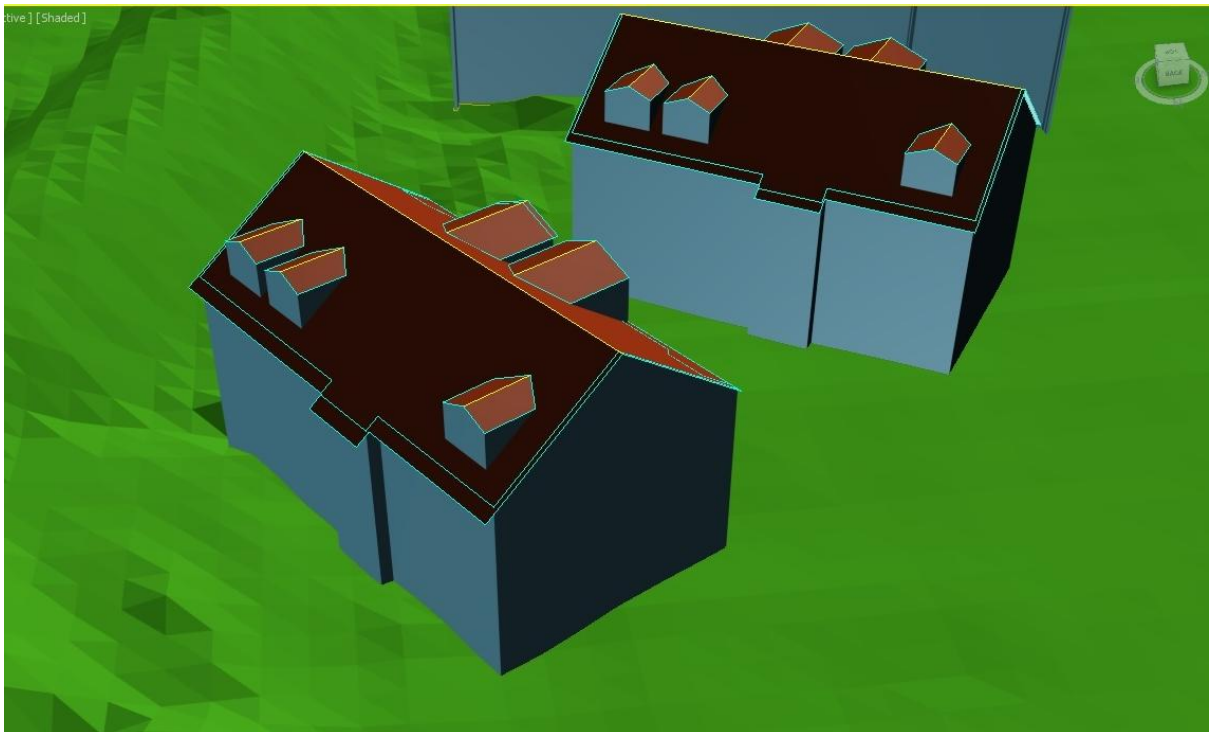
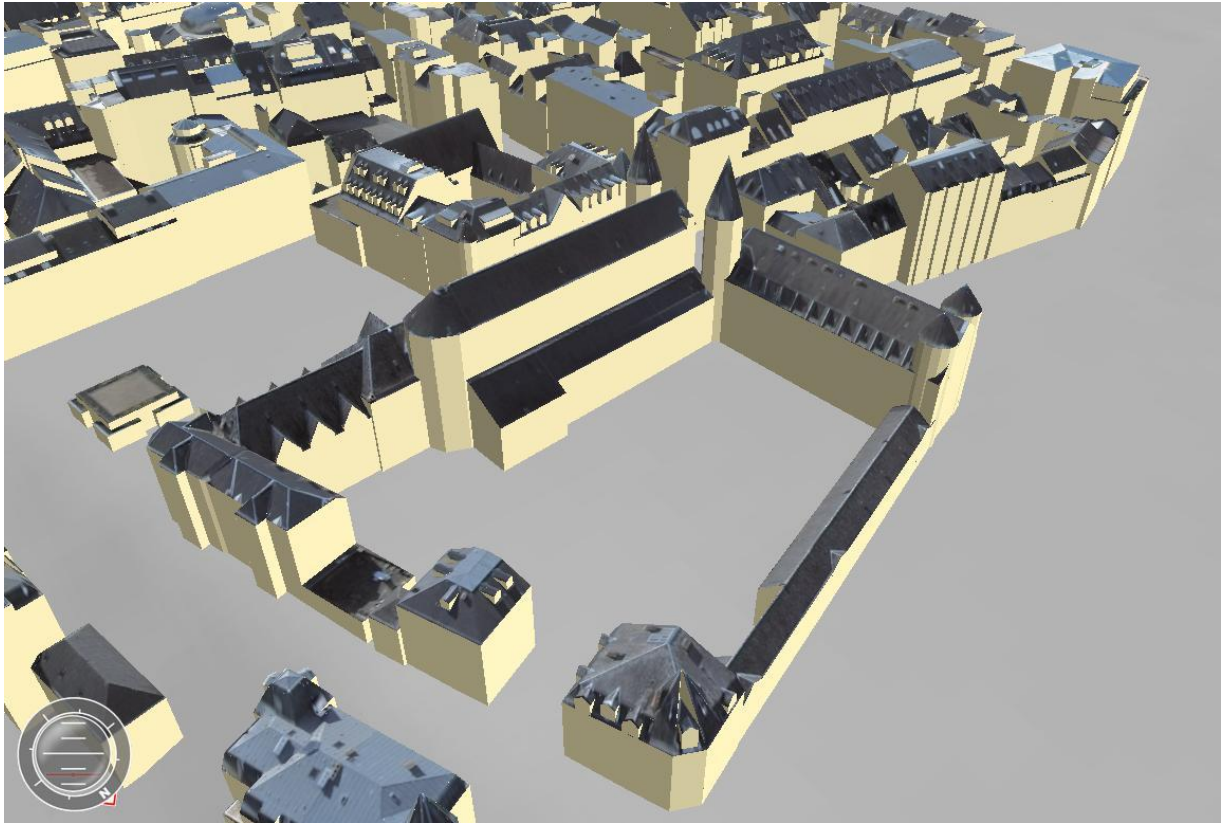


Fig. 24.7.5 Obținerea produselor finale texturate

Ca și flux general valabil de lucru pentru un proces de modelare 3D a unei localități putem considera diagrama următoare în care sunt reprezentate principalele etape constitutive.

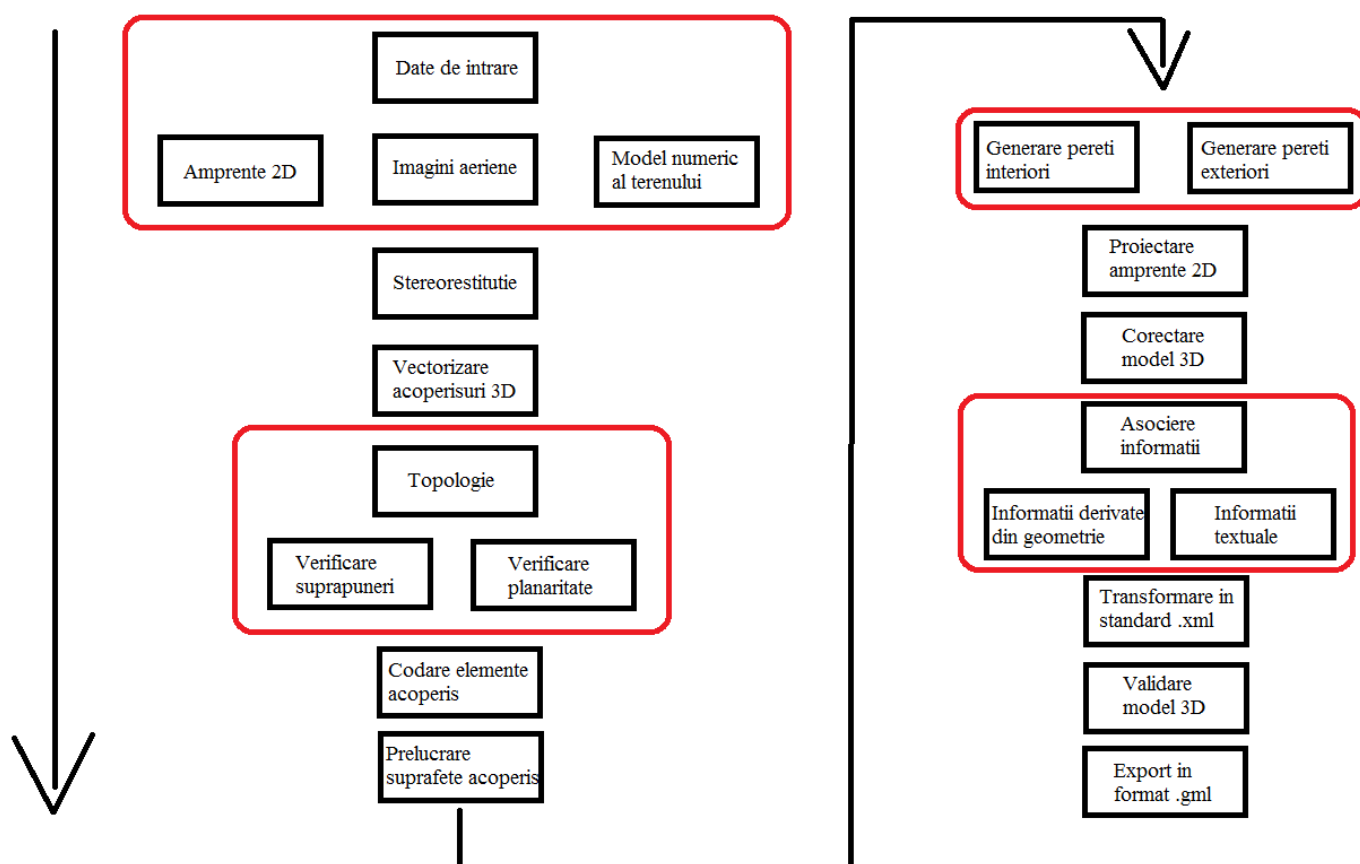


Fig. 24.7.6 Fluxul operatiilor in procesul de modelare 3D