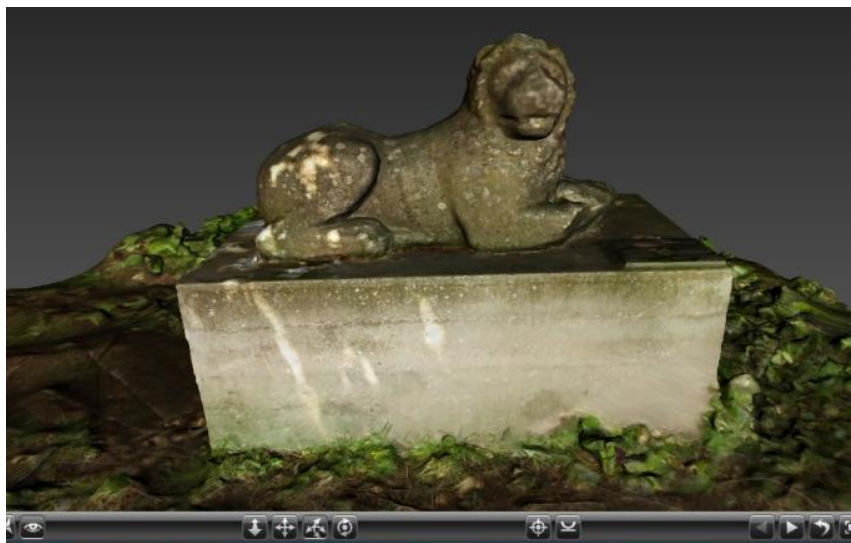


Drd.ing. Clara – Beatrice Vîlceanu



APLICAȚII PRACTICE ÎN FOTOGRAMMETRIA DIGITALĂ



PREFAȚĂ

În general, **fotogrammetria digitală** este știința utilizării computerelor pentru obținerea dimensiunilor obiectelor fotografiate. Implică, de obicei, analiza uneia sau mai multor fotografii/fotograme sau video existente cu programe specializate de fotogrammetrie pentru a determina relații spațiale.

Fotogrammetria digitală la mică distanță își găsește aplicabilitate în numeroase domenii, precum medicină, arheologie și conservarea patrimoniului istoric și cultural, datorită numeroaselor și binecunoscutele sale avantaje: metoda de măsurare este fără contact direct cu obiectul studiat, rezultatele sunt precise și fiabile, culegerea datelor se face într-un timp scurt și implică costuri reduse, imaginile sunt preluate și memorate, putând fi consultate și remăsurate oricând în viitor.

Această tehnică a devenit o alternativă eficientă la clasicele măsurători topografice ale fațadelor clădirilor, dar realizarea unei aplicații respectă etapele oricărui proiect specific domeniului Măsurătorilor Terestre, mai exact sunt necesare planificarea, recunoașterea terenului pentru organizarea campaniei de măsurători, executarea de măsurători propriu-zise și procesarea datelor pentru obținerea unor rezultate cu valoare tehnică și științifică.

Aplicațiile practice detaliate în continuare implică fotogrammetria terestră la mică distanță, ce se bazează pe fotografiile preluate cu ajutorul unei camere digitale, realizate manual de către operator sau având camera digitală montată pe un trepied. Aceste fotografii sunt utilizate apoi pentru crearea modelelor 3D ale obiectivelor precum artefacte, clădiri, scenele unor accidente de circulație sau chiar de pe platourile de filmare. De asemenea pun accent pe aplicarea tehnicilor de muncă eficientă în echipă multidisciplinară pe diverse paliere ierarhice.

Obiectivele aplicațiilor practice: se urmărește însușirea de către studenți a cunoștințelor de bază legate de fotogrammetria analogică și digitală: distanța focală, elementele de orientare interioară și exterioară ale fotogramei, sistemele de coordonate utilizate în fotogrammetrie; utilizarea programelor specializate pentru prelucrare.

Sunt utilizate în particular programele de specialitate, precum VeCad și AgiSoft PhotoScan, pentru a scoate în evidență avantajele folosirii tehnicilor fotogrammetrice „low-cost” digitale ca practici inovatoare în procesul de educație, cu efecte deosebite în domeniul conservării patrimoniului istoric și arhitectural al Timișoarei, și nu numai.

Precondiții de accesare a aplicațiilor practice: pentru a înțelege pe deplin noțiunile și modul de utilizare a programelor specializate fie în obținerea unor modele 3D ale obiectelor, fie în crearea unor ortomozaice, studenții trebuie să fi studiat în prealabil discipline precum Fotogrammetria analogică, Desen tehnic, AutoCad, Topografie, Instrumente și metode de măsurare.

Rezultate previzionate: promovarea aderării la principiile „Cartei Londra (London Charter)” pentru utilizarea vizualizărilor 3D ale obiectelor de patrimoniu cultural în cercetare și comunicare; deprinderea abilităților de vectorizare 3D a diferitelor forme, suprafețe etc.; dezvoltarea unor instrumente inteligente pentru achiziția datelor tridimensionale referitoare la obiecte din patrimoniu utilizând tehnologie disponibilă la costuri reduse.

Timișoara,

Drd.ing. Clara – Beatrice Vlceanu

01.10.2013

CAPITOLUL I – INTRODUCERE ÎN FOTOGRAMMETRIE

I.1. GENERALITĂȚI

Evolutiv, fotogrammetria planimetrică a început odată cu descoperirea fotografiei în Franța și cu primele ridicări fotogrammetrice terestre, a urmat metoda de culegere analogică, apoi metoda analitică care încă mai dă rezultate și respectiv metoda digitală. Metoda digitală a revoluționat practic fotogrammetria. Stațiile digitale fotogrammetrice rezolvă complet problema culegerii și prelucrării datelor digitale necesare oricărui domeniu menționat anterior. Contrar primelor două metode, aceste tipuri de aparate nu analizează fotografiile analogice (pozitive sau negative), ci imagini digitale.

Fiind o știință din domeniul măsurătorilor terestre, fotogrammetria servește la redactarea hărților și planurilor topografice, dar se folosește pe scară largă și în alte sfere de activitate precum arhitectura, scene pentru investigații ale poliției sau chiar medicina (chirurgie plastică).

Principiul de achiziție a datelor utilizând metoda fotogrammetrică urmărește obținerea unor informații referitoare la obiectele fizice și mediului înconjurător de la distanță, fără contact fizic cu acestea prin înregistrarea, măsurarea și interpretarea unor imagini fotografice metrice numite fotograme. Preluarea fotogramelor se face cu ajutorul unor camere fotogrammetrice fie amplasate pe sol (cazul fotogrammetriei terestre), fie amplasate la bordul unor platforme aeropurtate.

Fotogrammetria este potrivită pentru efectuarea următoarelor funcții:

- asigurarea imaginilor ortofoto;
- atât în sisteme locale cât și în sisteme regionale;
- crearea modelelor digitale de înălțime (ale cotelor) ale terenului;
- crearea modelelor 3D ale obiectelor;
- direcția și înclinarea stratelor geologice;
- determinarea poziției punctelor.

Metodele fotogrammetriei terestre și cele ale stereofotogrammetriei au avantajul că fixează cu o precizie destul de bună deformațiile constante și cele temporare. De asemenea fotografierea cu ajutorul fototeodolitului se poate efectua în orice anotimp al anului și într-un timp foarte scurt. Metoda fotogrammetrică constă în fotografierea succesivă a zonei studiate.

Avantajele și dezavantajele alegerii fotogrammetriei ca metodă de cercetare, sunt următoarele:

Avantaje:

- acuratețe în redarea elementelor de nivelment;
- în cazul în care avem nevoie de o cantitate mai voluminoasă de date, fotogrammetria este de departe cea mai rapidă soluție, dând posibilitatea cercetării unor zone vaste și/sau greu accesibile;
- cheltuielile pe unitate de suprafață sunt mici;
- evaluarea rapidă a amplorii unor alunecări catastrofale și a pagubelor determinate de acestea;
- satisface toate cererile de precizie.

Dezavantaje:

- efectuarea lucrărilor poate fi influențată atât de condițiile atmosferice cât și de anotimpuri. Nu este indicată fotografierea în timpul verii, când vegetația este bogată;
- hardware-ul și software-ul necesar la lucrări au preț foarte ridicat;
- este nevoie de personal foarte bine pregătit;
- în general sunt necesare și măsurători geodezice terestre pentru a le completa lipsurile.

CAPITOLUL II – APLICAȚII PRACTICE

APLICAȚIA NR. 1. Crearea ortomozaicului fațadei unei clădiri istorice

❖ *Descrierea și utilizarea programului (software) specializat CALIB*



Calib este un program dezvoltat de către profesorul Vassilis Tsioukas de la Universitatea Aristotele din Thessaloniki, Grecia, care se utilizează pentru calibrarea camerelor foto digitale (Fig. 4).

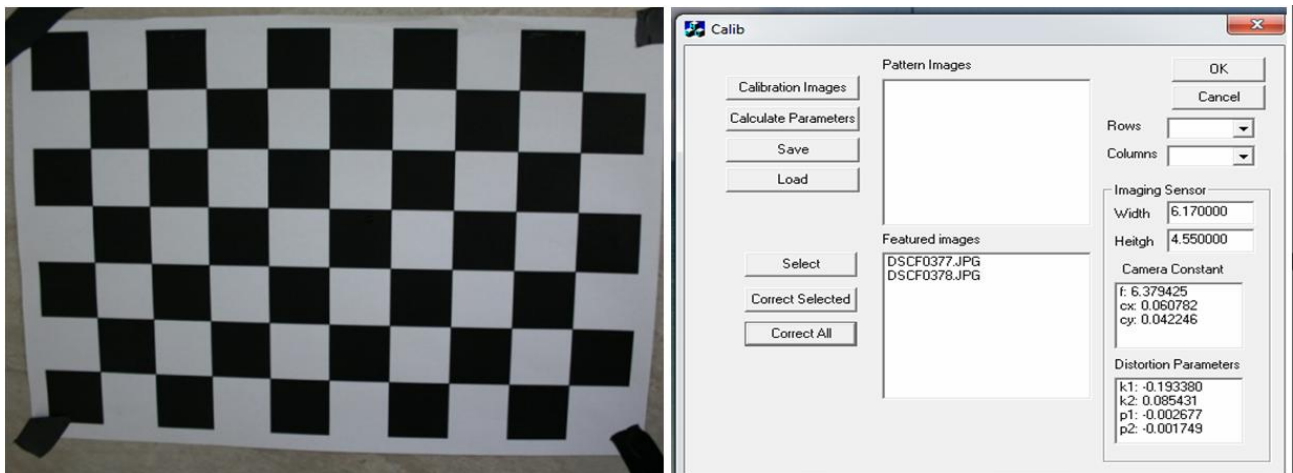


Fig. 1. „Tabla de șah” utilizată la calibrare (stânga) și interfața programului Calib (dreapta)

Calibrarea camerei înseamnă, de fapt, determinarea distanței focale, a distorsiunii obiectivului, a lățimii și înălțimii senzorului camerei și a coordonatelor punctului principal X_P , Y_P .

Principiul calibrării constă în realizarea unui set de 9 fotografii în jurul „tablei de șah” (care a fost în prealabil listată pe o pagină A4), 4 fotografii ținând camera în poziție dreaptă (nerotită), alte 4 cu camera rotită la 90 grade și o fotografie deasupra foii de calibrare (Fig. 5) pentru calculul parametrilor de orientare interioară. Cazul descris este cel optim, iar numărul minim de fotografii pentru o calibrare corectă este de 6.

Pentru realizarea fotografiilor se dezactivează focusarea automată a camerei digitale (Auto Focus → Off), sau, în cazul în care această opțiune nu este disponibilă, se blochează camera la cea mai mică distanță focală.

Fotografiile se descarcă, se salvează în formatul uzual „Jpeg” și se introduc în program.

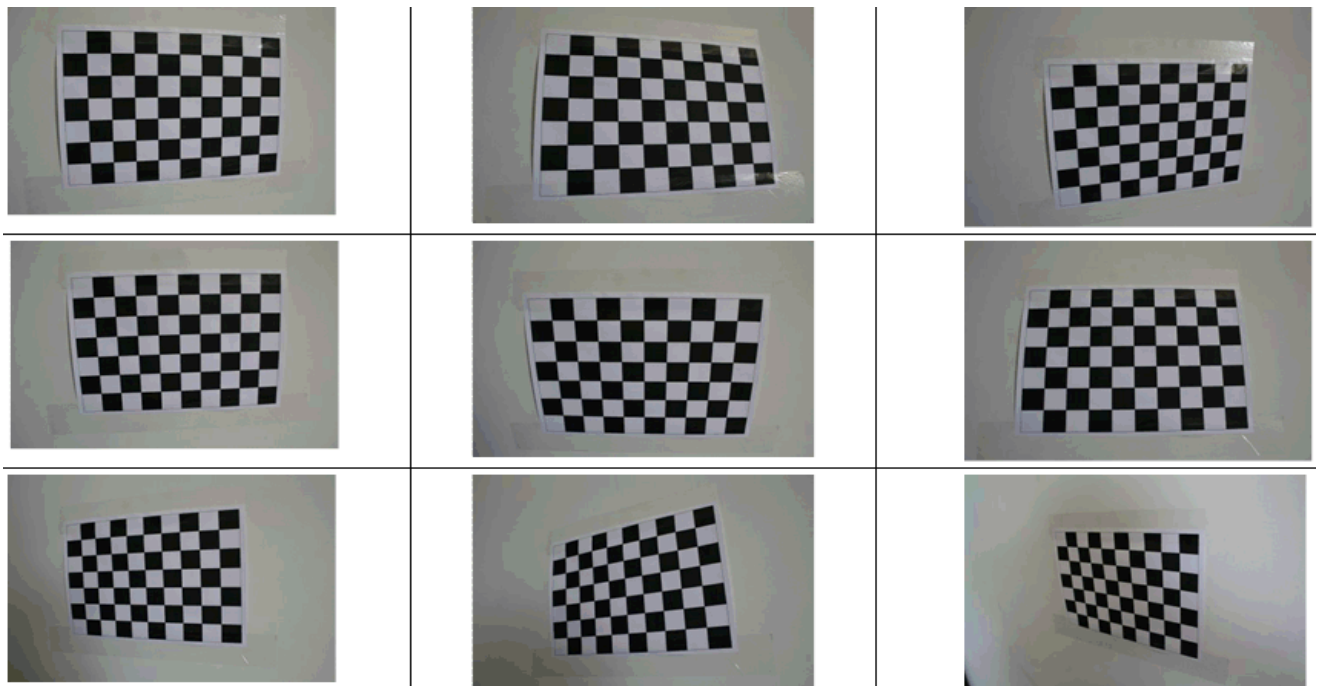


Fig. 2. Modalitatea de realizare a fotografiilor pentru calibrarea camerei digitale

Se încarcă fotografiile în program folosind butonul „Calibration Images”, se introduc numărul de rânduri și coloane de pe „tabla de șah” (se numără intersecțiile, cel puțin 2 pătrate albe și 2 negre) și caracteristicile senzorului camerei digitale care constau în lățimea și înălțimea acestuia măsurate în milimetri. (Fig. 6).

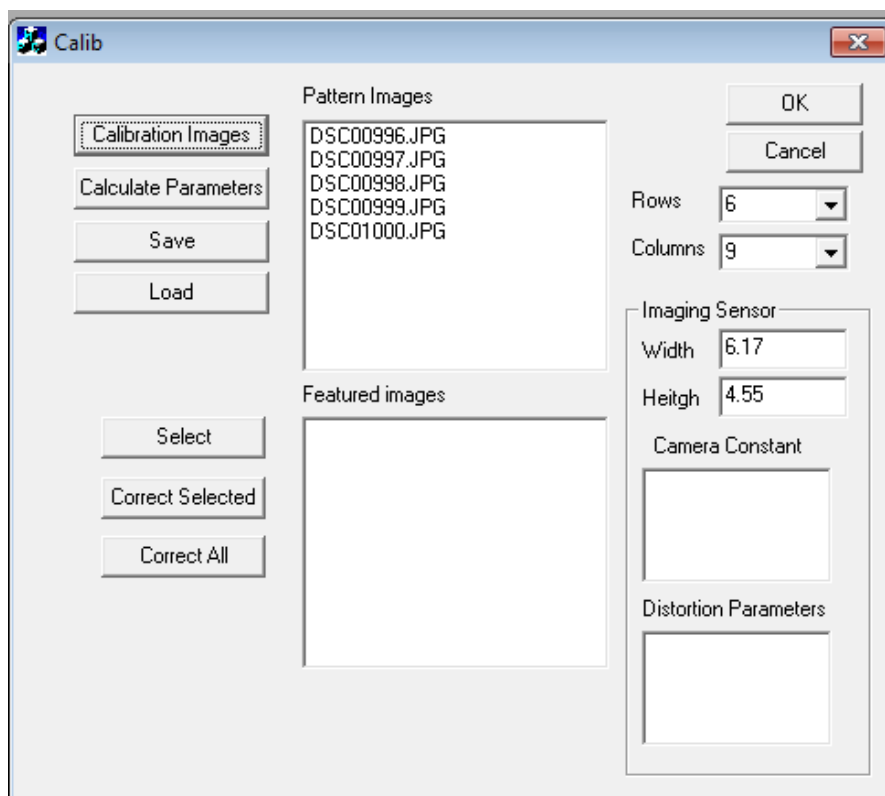


Fig. 3. Încărcarea imaginilor necesare la calibrarea camerei

Dimensiunile senzorului camerei digitale utilizate se regăesc în cartea tehnică ce însoțește fiecare cameră digitală în momentul achiziționării acesteia sau pot fi găsite pe internet, de exemplu pe pagina www.dpreview.com (Fig. 7).

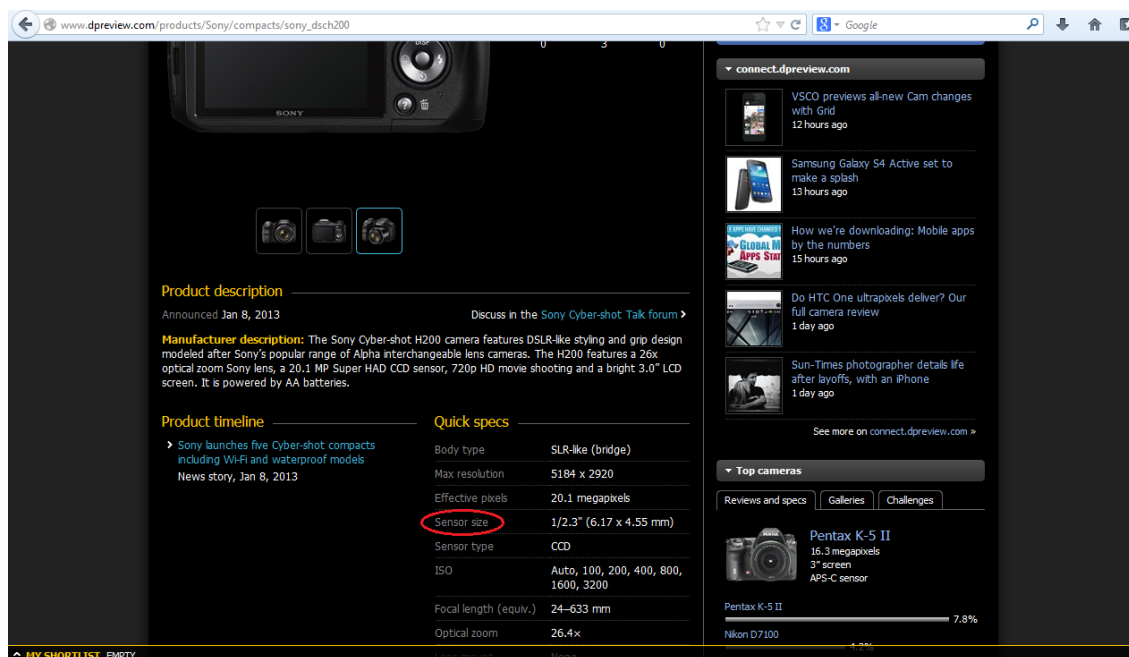


Fig. 4. Pagină web pentru determinarea caracteristicilor senzorului camerelor digitale

Prin apăsarea butonului „Calculate Parameters” (Fig. 8), programul calculează și afișează distanța focală (constanta camerei) și distorsiunile obiectivului (Fig. 10).

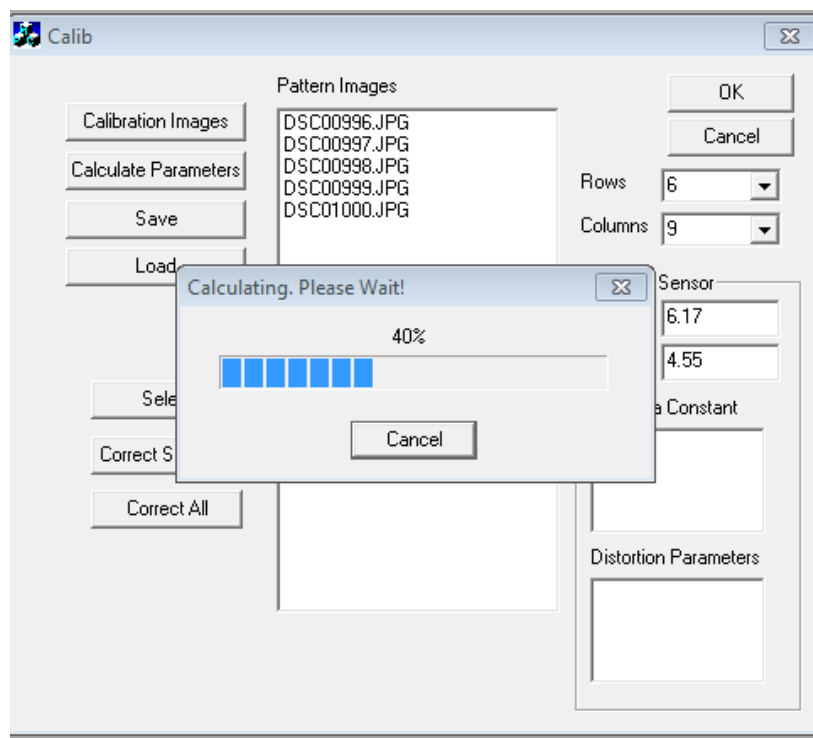


Fig. 5. Calcularea parametrilor de orientare interioară

Totodată, în acest timp este afișat un mesaj referitor la fotografiile incorecte care trebuie eliminate în etapa a 2-a (Fig. 9).

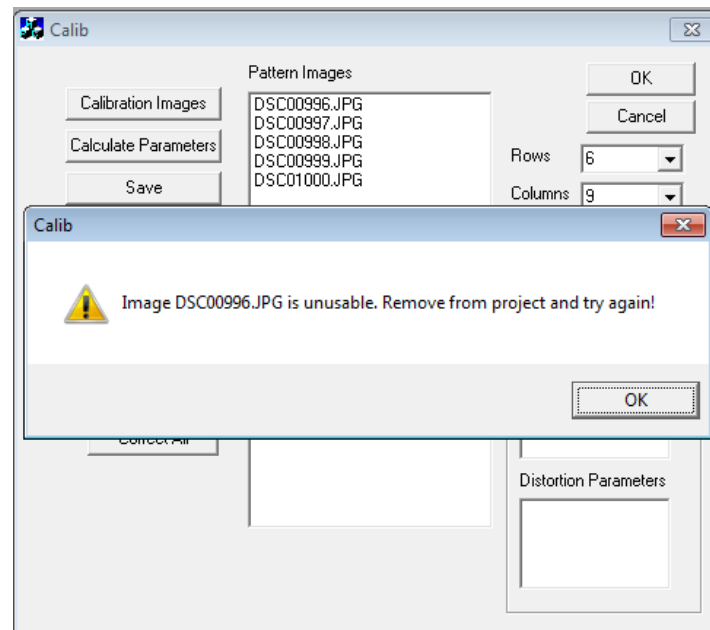


Fig. 6. Mesaj referitor la imaginile incorecte

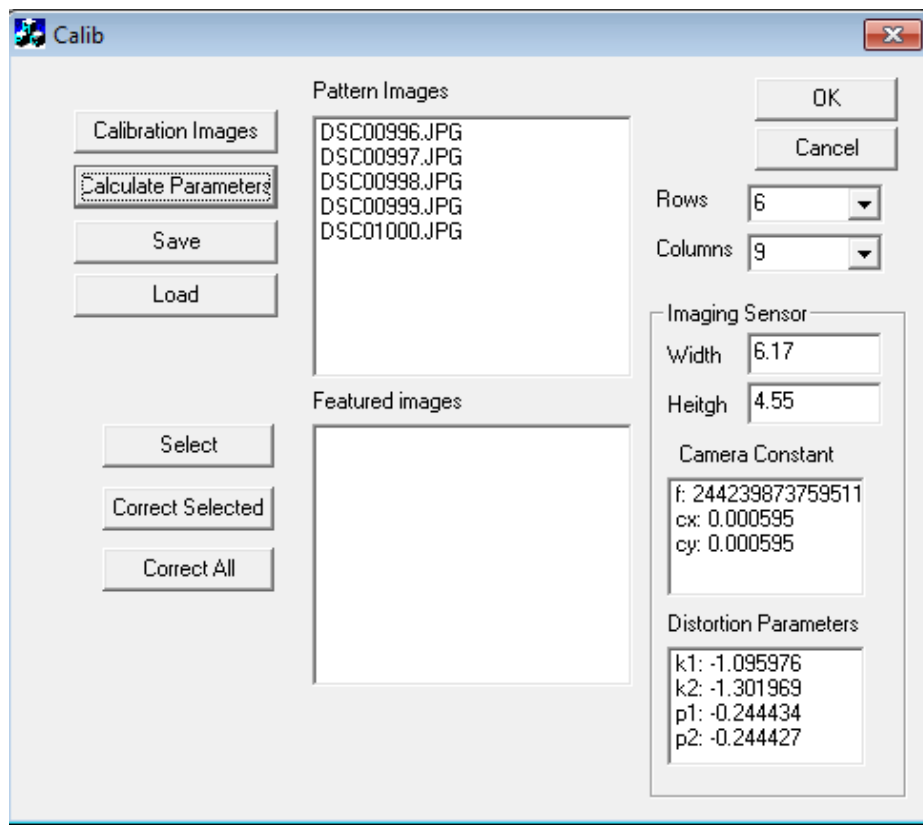


Fig. 7. Calculul parametrilor de orientare

Rezultatul calibrării camerei digitale este materializat într-un fișier de tip „.dat” ce trebuie salvat pentru a putea fi folosit mai târziu.

În final se introduc în program fotografiile fațadei pe baza cărora se dorește crearea ortomozaicului pentru rectificarea acestora. Pentru fiecare fotografie este creată o imagine rectificată (Fig. 11) prin adăugarea literei „r” la sfârșitul numelui respectivei imagini, înainte de extensia acesteia, exemplu: „DSC01000r.jpg”.



Fig. 8. Exemplu de imagine rectificată

Notă: Se poate folosi pentru realizarea fotografiilor orice tip de cameră digitală, calitatea și precizia fotografiilor fiind direct influențată de calitatea camerei.

❖ **Descrierea și utilizarea programului (software) specializat**



VeCAD este un program de prelucrare a datelor 2D de tip vector care poate fi folosit pentru aplicații practice de tipul CAD/GIS. VeCAD permite import/export la fișiere de tipul DXF, HPGL, CNC și suportă inserarea directă a obiectelor bitmap. Opțiunile programului includ instrumente bune de snap, control asupra straturilor create, tipurilor de linii, culorilor, grosimilor, view-porturilor și tipurilor de text.

Programul VeCAD, creat inițial de către Oleg Kolbaskin, a fost modificat de Dr. Vassilios Tsioukas, pentru a putea îndeplini procese fotogrammetrice de bază.

❖ Crearea ortomozaicului fațadei clădirii istorice



Fig. 9. Fațada clădirii studiate

Pentru realizarea ortomozaicului se fotografiază fațada clădirii (Fig. 12, 13), doar 2 (Fig. 14) sau 3 imagini (Fig. 15) vor fi necesare în final, în funcție de camera digitală folosită astfel încât pozele să aibă o acoperire longitudinală satisfăcătoare și punctele de control să fie vizibile în toate fotografiile. Aceste fotografii se rectifică cu ajutorul programului Calib, respectând procedeul descris și se importă în VeCAD.

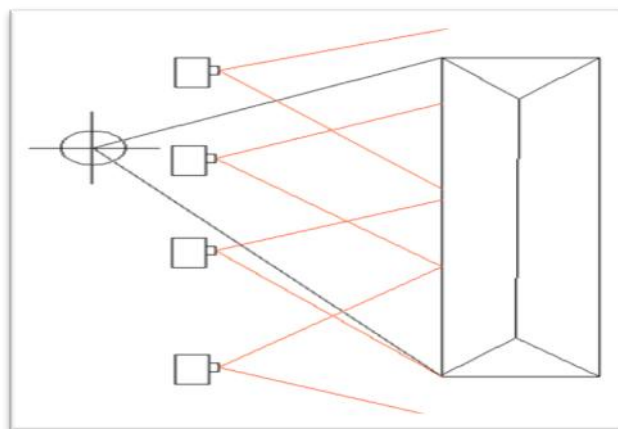


Fig. 10. Poziția operatorului pentru fotografierea fațadei clădirii istorice

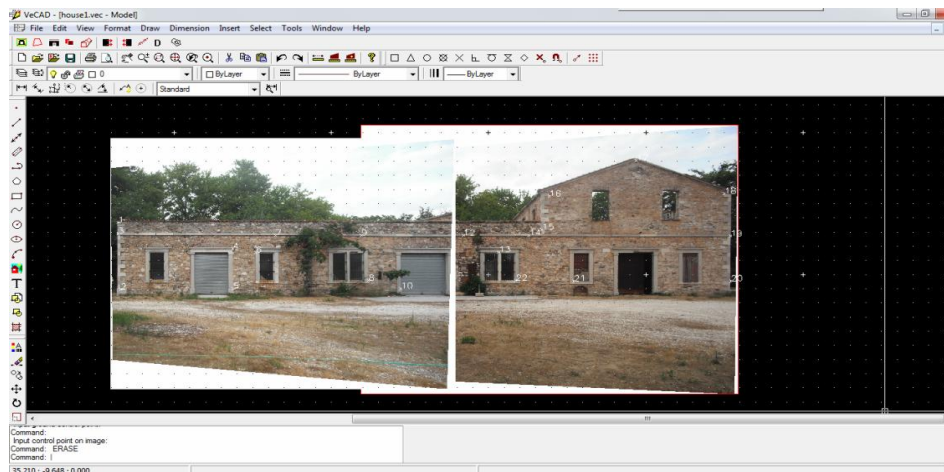


Fig. 11. Crearea ortomozaicului folosind 2 fotografii

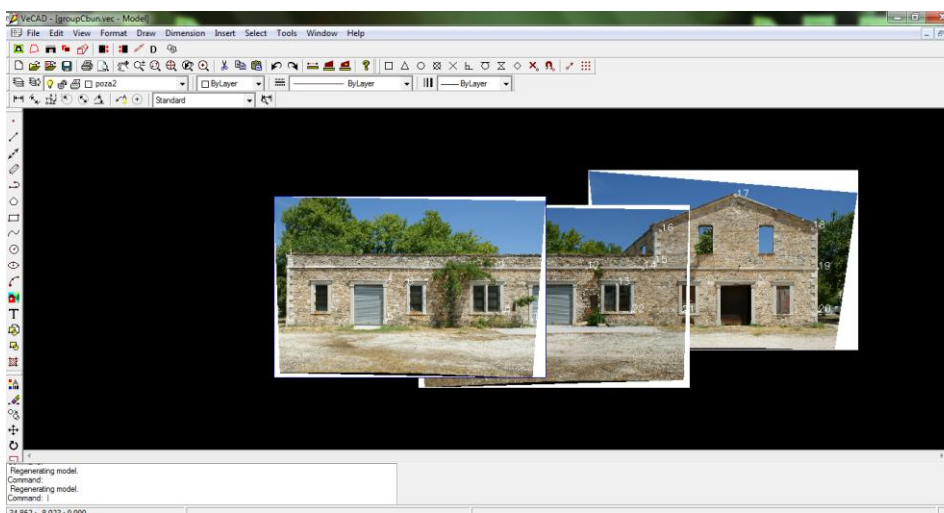


Fig. 12. Crearea ortomozaicului folosind 3 fotografii

Prima etapă constă în campania de teren în care trebuie realizate măsurători topografice cu stația totală pentru determinarea coordonatelor X,Y,Z ale punctelor de control (Fig. 16). Se măsoară un număr suficient de mare de puncte care să fie distribuite pe toată fațada clădirii.



Fig. 13. Măsurarea punctelor de control pe fațada clădirii

Aceste puncte de control pot fi alese din elementele materiale existente pe suprafața clădirii (colțurile clădirii, intersecția cărămizilor, colțurile ferestrelor etc.) sau pot fi materializate, apriori de începerea măsurărilor, puncte artificiale pe fațada clădirii precum este ilustrat în figura 17.



Fig. 14. Montarea punctelor artificiale pe fațada clădirii

Unul din membrii echipei va desena schița fațadei pentru identificarea punctelor de control (Fig. 18, 19 și 20).

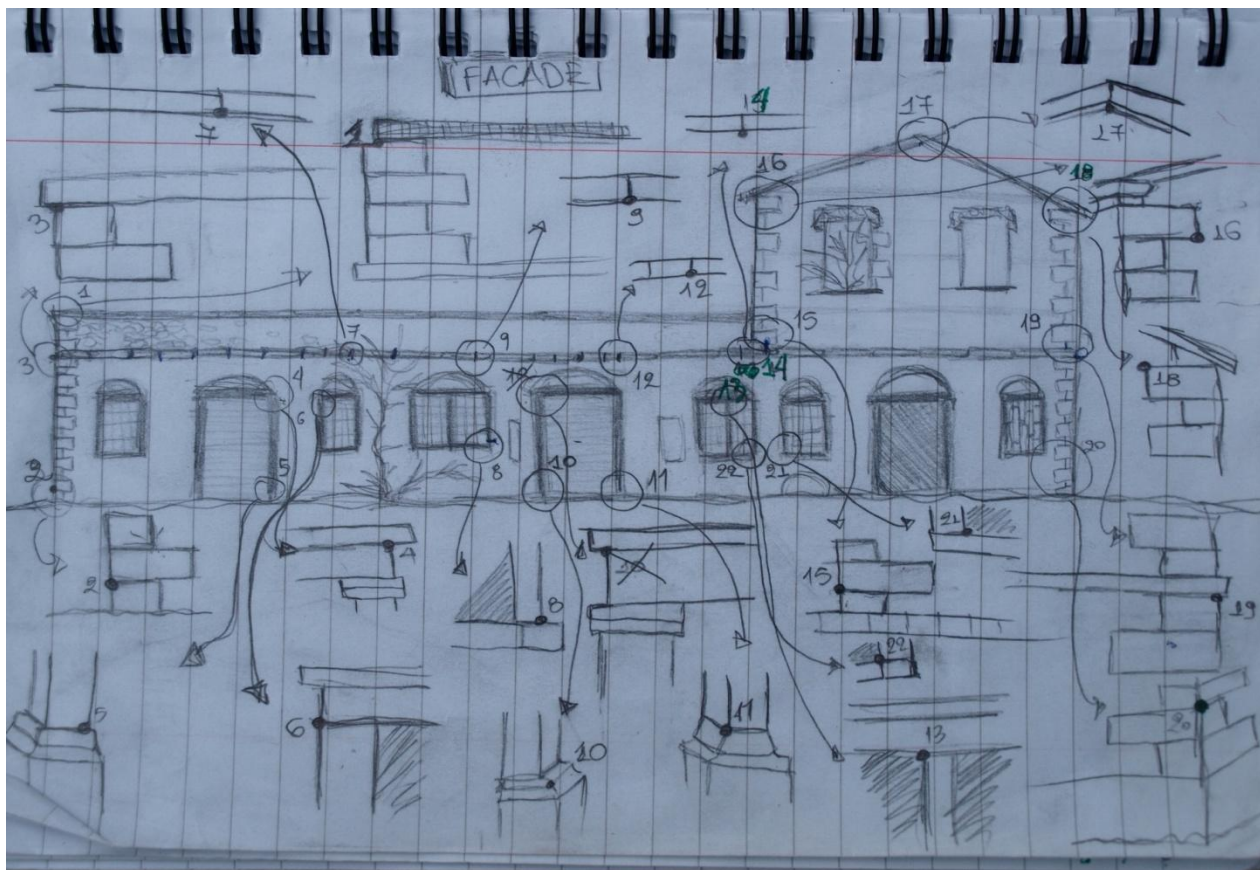


Fig. 15. Exemplu de schiță a fațadei clădirii



Fig. 16. Exemplu de schiță a fațadei clădirii

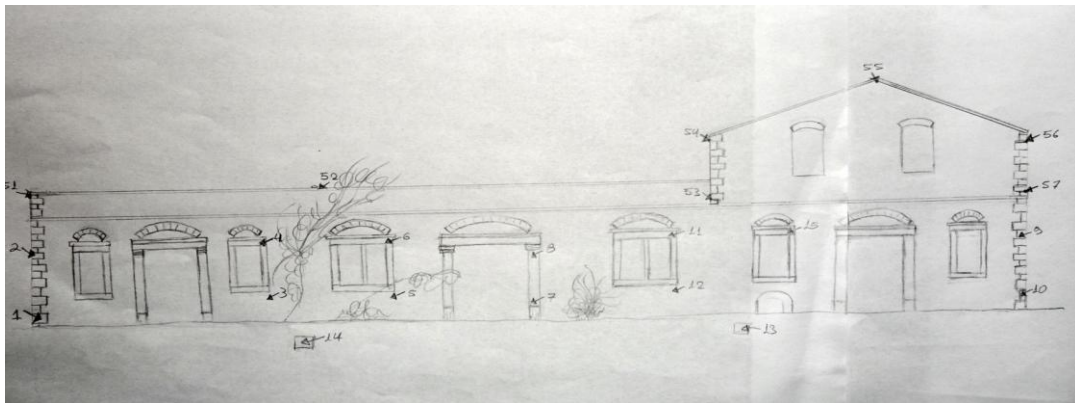



Fig. 17. Exemplu de schiță a fațadei clădirii

Coordonatele punctelor măsurate, după ce sunt descărcate din stația totală, vor fi salvate într-un fișier text sub forma ID X Y Z. Apoi se inserează în programul VeCAD (Fig. 21, 22) folosind butonul .

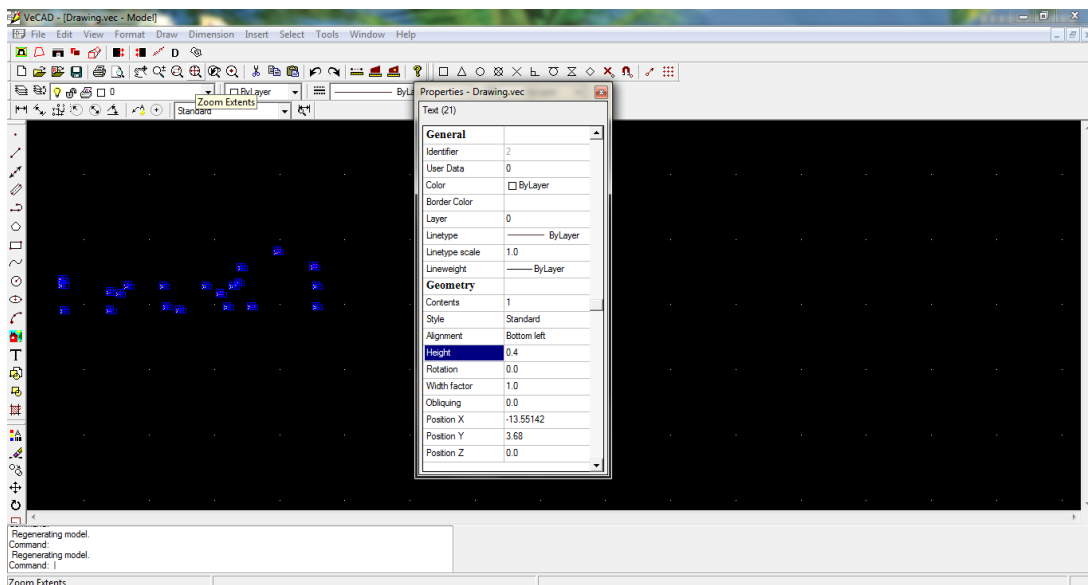


Fig. 18. Punctele de control inserate în program

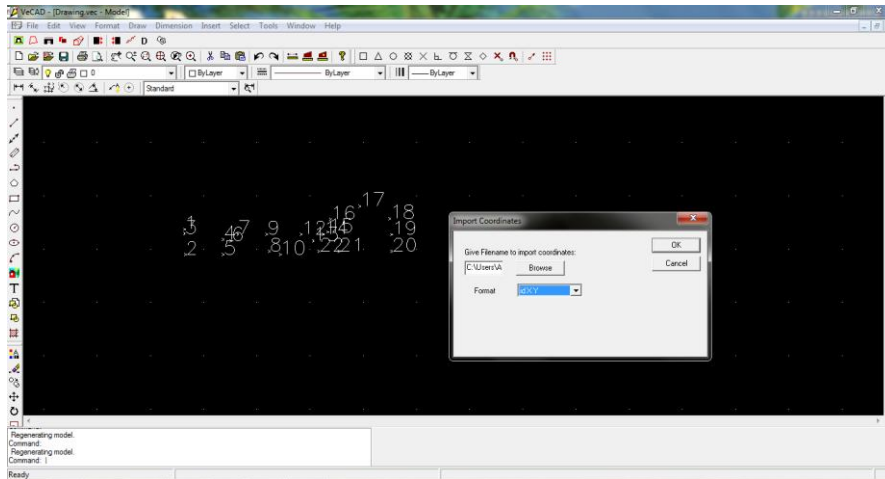


Fig. 19. Punctele de control inserate în program

Următoarea etapă constă în inserarea, pe rând, a imaginilor în VeCAD folosind comanda „Insert →Raster Image” (Fig. 23, 24).

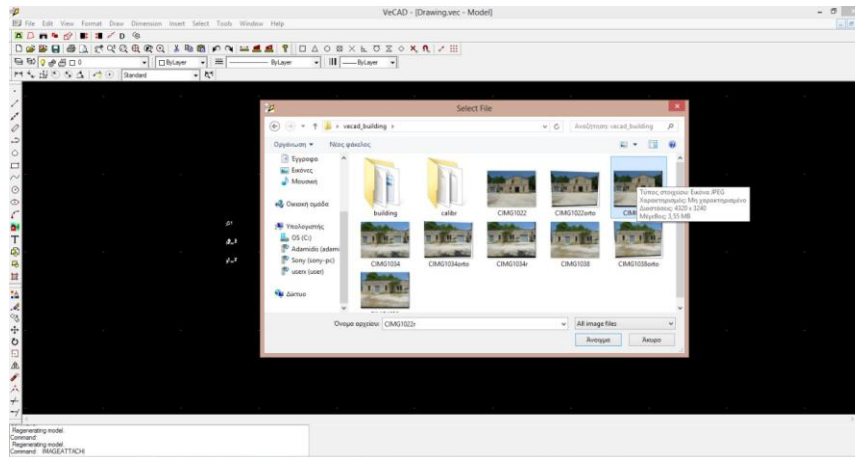


Fig. 20. Meniul de comandă pentru inserarea imaginii în program

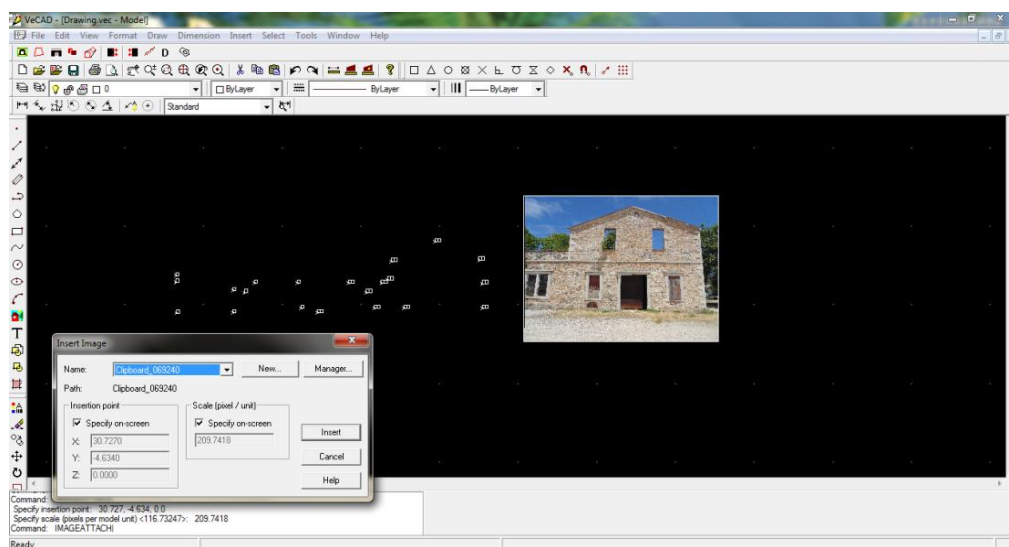



Fig. 21. Specificarea locației în care se dorește inserarea imaginii

Cu ajutorul instrumentului „Creates single point”  se marchează punctele de control pe imagini (Fig. 25).

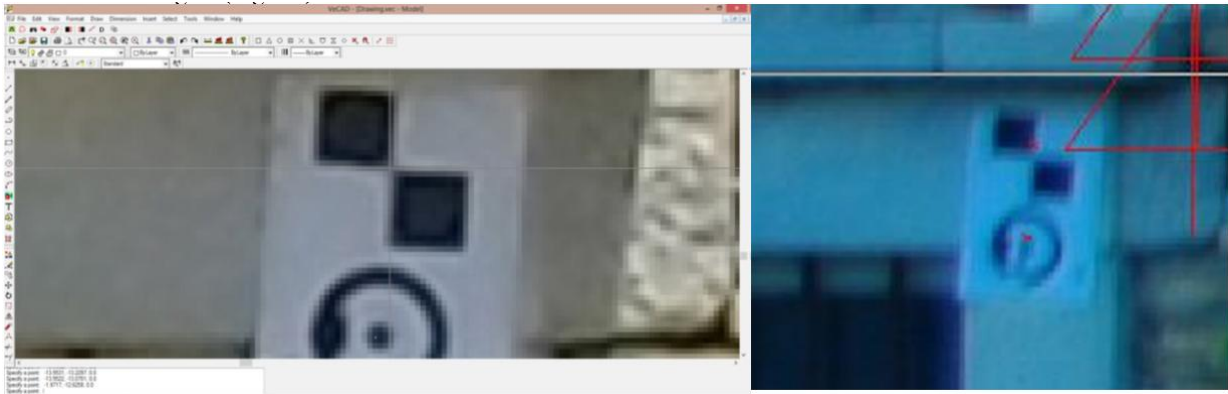


Fig. 22. Marcarea punctelor de control pe imagine

După ce s-a încheiat marcarea punctelor de control, acestea trebuie corelate (Fig. 26) cu cele introduse anterior din coordonate cunoscute pentru a se realiza georeferențierea fotografiilor.

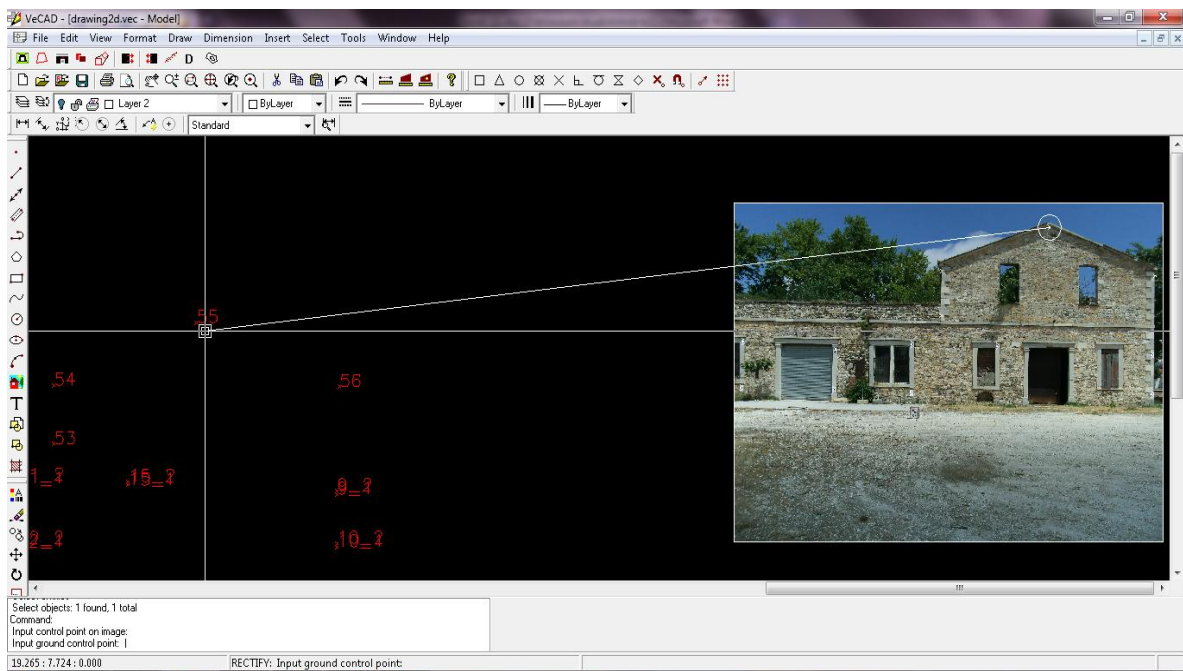




Fig. 23. Corelarea punctelor de control introduse din coordonate cu cele de pe imagini

Pentru georeferențierea imaginilor se activează butonul  apoi se selectează prima imagine și se apasă butonul dreapta al mouse-ului. Identificarea punctelor de control de pe imagine se realizează cu ajutorul butonului evidențiat . Principiul georeferențierii are la bază selectarea punctului de pe imagine și apoi a corespondentului său din punctele de control introduse din coordonate.

În final, după selectarea tuturor punctelor de control se apasă butonul dreapta al mouse-ului și apare o căsuță de dialog ce conține eroarea standard de deviere a georeferențierii (Fig. 27) calculată de program.

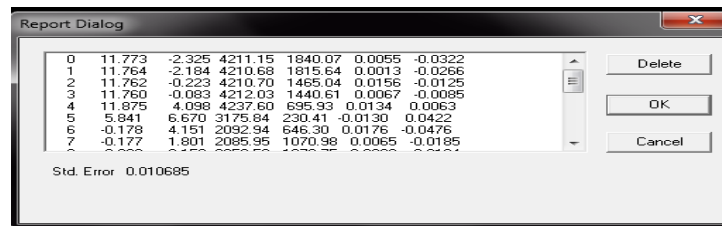


Fig. 24. Căsuța de dialog ce apare după georeferențiere

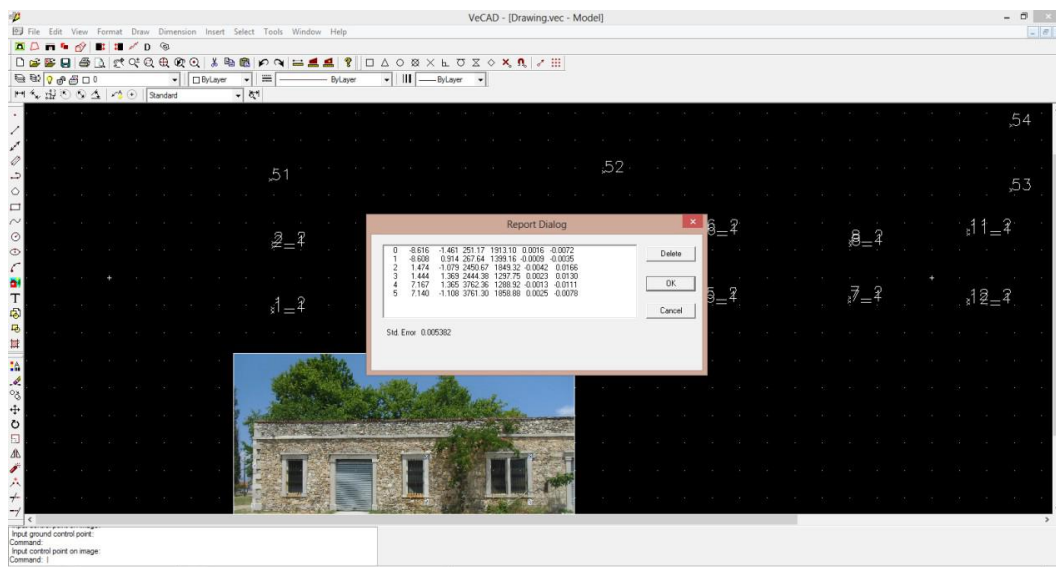


Fig. 25. Căsuța de dialog cu eroarea standard de deviere la georeferențierea primei imagini

Se procedează astfel cu toate imaginile necesare creării ortomozaicului (Fig. 28, 29, 30).

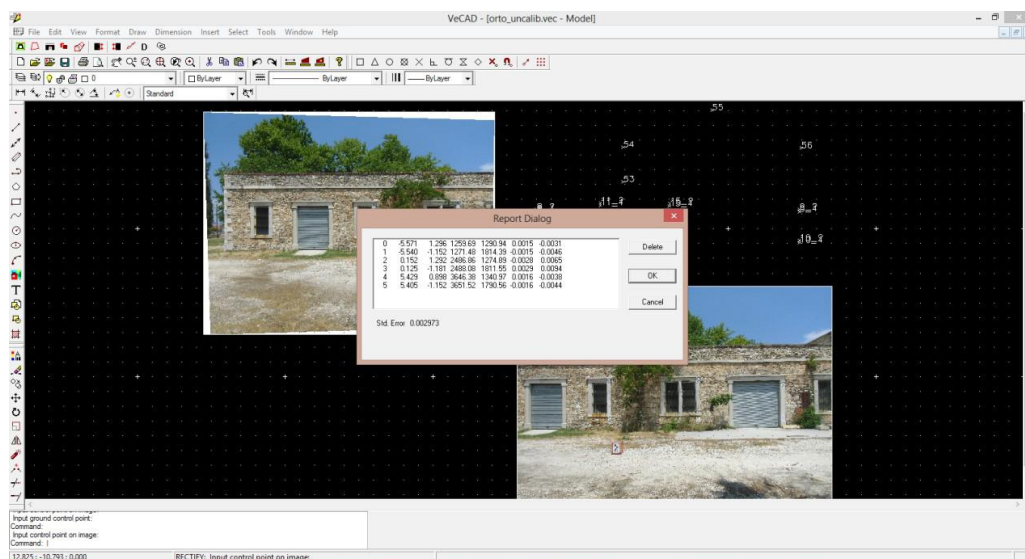


Fig. 26. Eroarea standard de deviere la georeferențierea celei de-a doua imagini

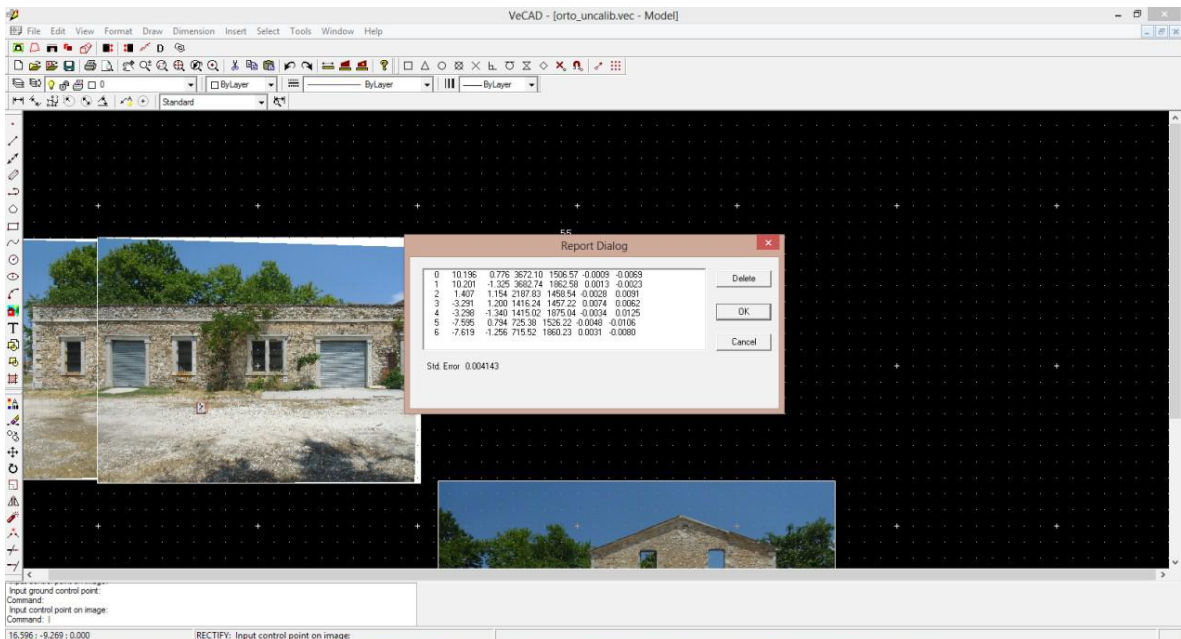



Fig. 27. Eroarea standard de deviere la georeferențierea celei de-a treia imagini

Din căsuța de dialog se pot șterge unul sau mai multe puncte care nu corespund preciziei dorite. În ultimele două coloane ale căsuței sunt afișate erorile de georeferențiere ale coordonatelor planimetrice (X, Y) ale punctelor de control.

Următorul pas constă în denumirea imaginii georeferențiate și specificarea mărimii pixelului în metri (Fig. 31). Se apasă butonul  pentru a alege locația de salvare și numele imaginii georeferențiate. Fișierul astfel salvat are o extensie .bmp.

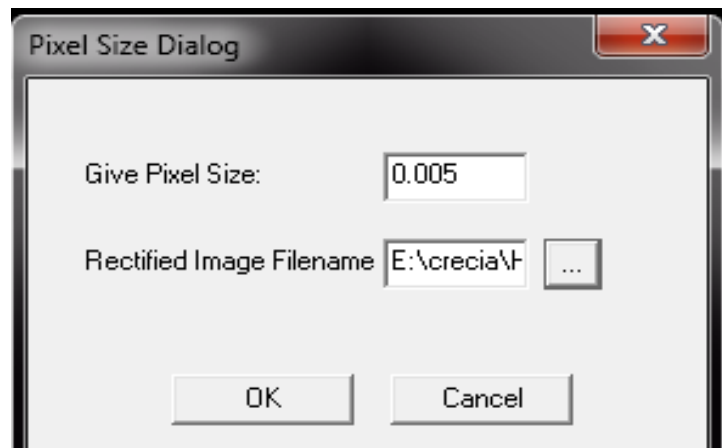


Fig. 28. Căsuța de dialog pentru alegerea dimensiunii pixelului

În cadrul aplicației în care s-a realizat ortomozaicul din 2 fotografii, prima imagine a fost georeferențiată cu o eroare standard de 0,005m la o dimensiune dată a pixelului de 0.005m, iar ce-a de-a doua imagine a avut o eroare standard de 0.013m la o dimensiune dată a pixelului de 0.005m. Aceste erori se încadrează în toleranțele admise (maxim 1cm), deci ortomozaicul (Fig. 32, 33) a avut o precizie bună.

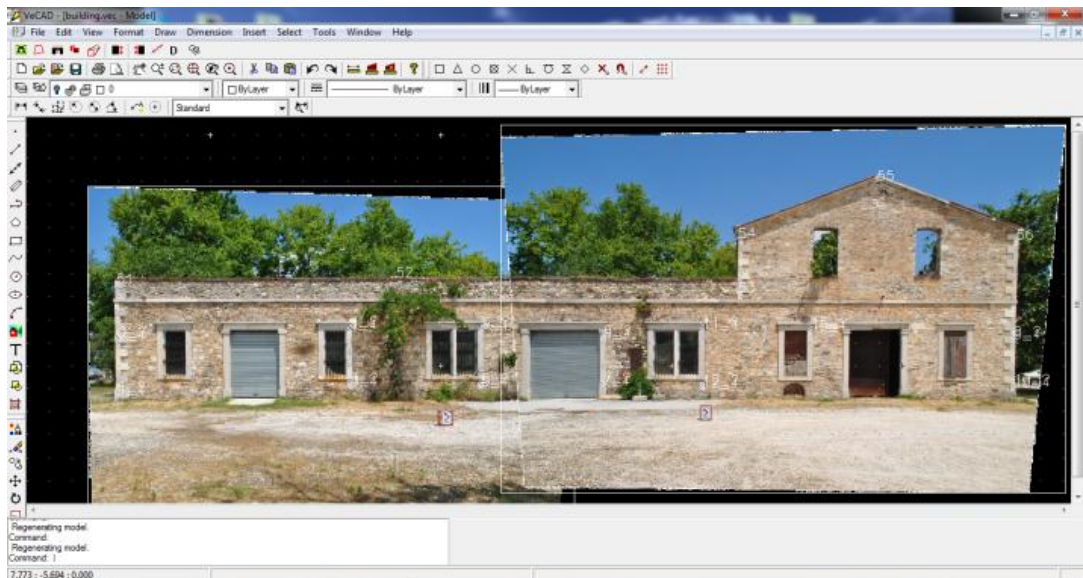


Fig. 29. Ortomozaicul realizat din 2 fotografii

Erorile de georeferențiere ale fiecărui punct de control sunt detaliate în tabelul următor:

Imaginea 1		Imaginea 2	
Point ID	Eroarea [m]	Point ID	Eroarea [m]
8	0.0123	1	0.0222
9	-0.0138	2	0.0053
10	-0.0018	3	0.0098
12	0.0055	4	0.0043
13	0.0031	5	-0.0057
14	0.0074	6	-0.0072
15	-0.0057	7	-0.0218
16	0.0003	8	-0.0241
17	-0.0074	9	-0.0162
18	-0.0013	10	-0.0307
19	0.0011	12	0.1122
20	0.0092	13	-0.048
21	0.0022	Eroare standard: 0.013383	
22	-0.0113		
Eroare standard: 0.005444			

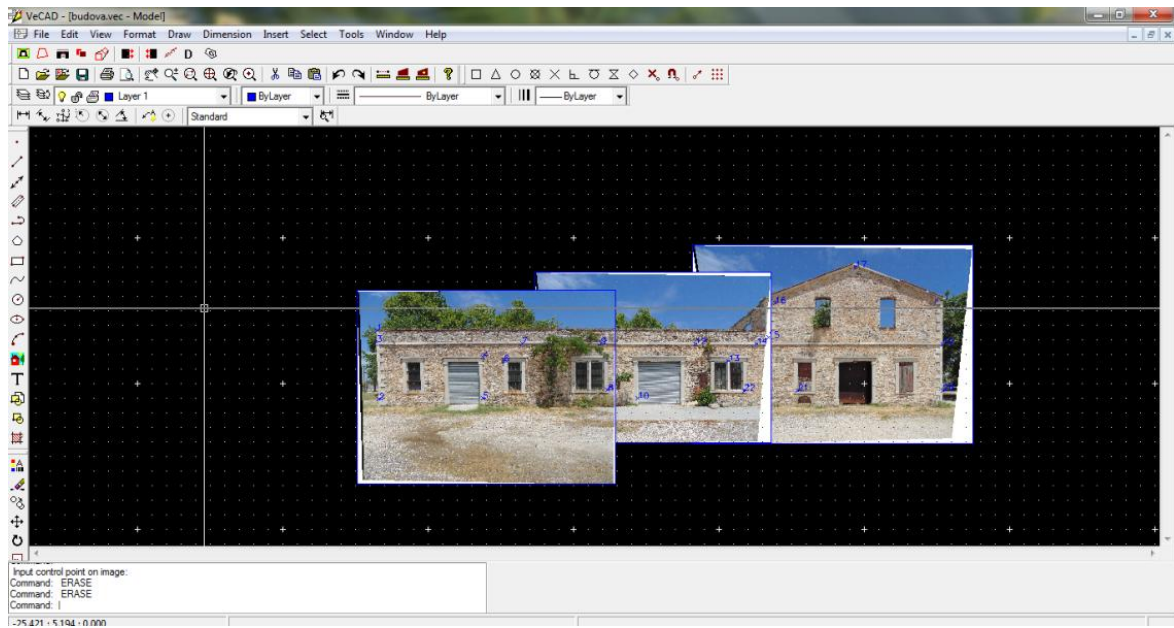


Fig. 30. Ortomozaicul realizat din 3 fotografii

Procesarea imaginilor rectificate se poate realiza și în AutoCad pentru a scoate în evidență detaliile importante precum ușile, ferestrele, cărămizile, forma clădirii (Fig. 34 – 37).

Se interoghează în VeCAD coordonatele (X, Y – Fig. 34) pixelului din colțul din stânga jos, apoi se inserează în AutoCad, unde, în submeniul de inserare a punctului, se debifează „Specify on screen” și se introduc de la tastatură coordonatele menționate, iar în submeniul de scară, la fel se debifează „Specify on screen” și se introduce manual lățimea imaginii, care poate fi aflată din proprietățile imaginii sau măsurată în VeCAD.



Fig. 31. Coordonatele X, Y utilizate pentru inserarea imaginilor în AutoCad

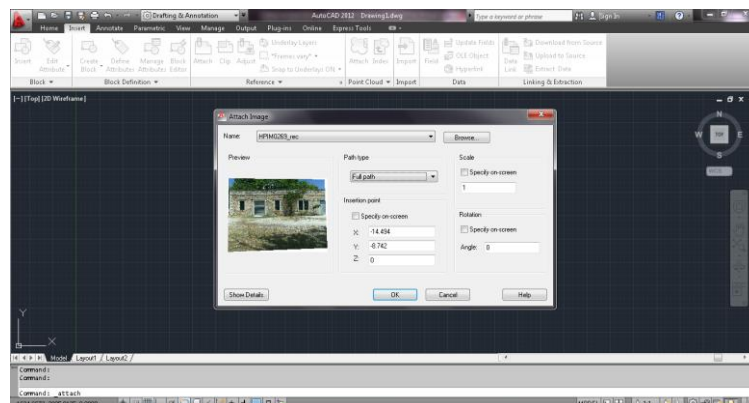


Fig. 32. Meniul de inserare în AutoCad

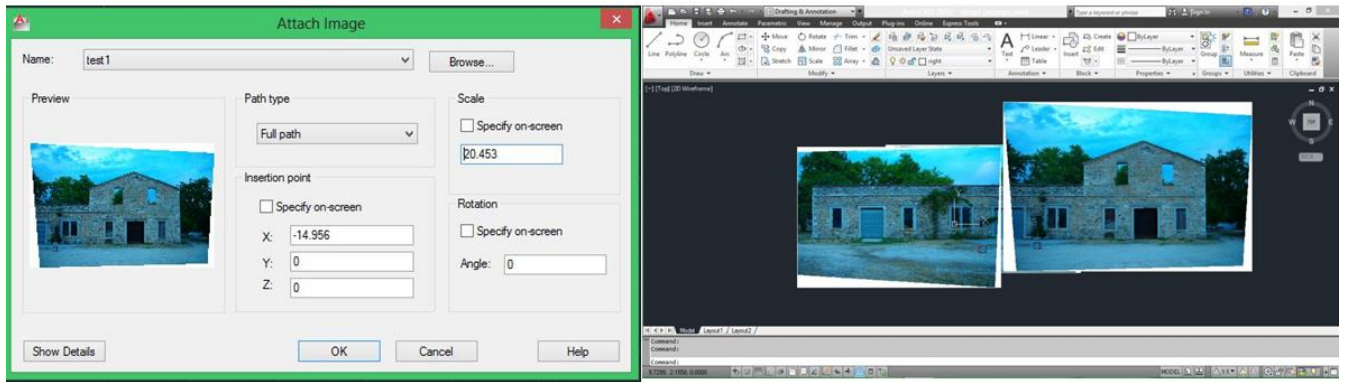


Fig. 33. Inserarea imaginilor raster în AutoCad

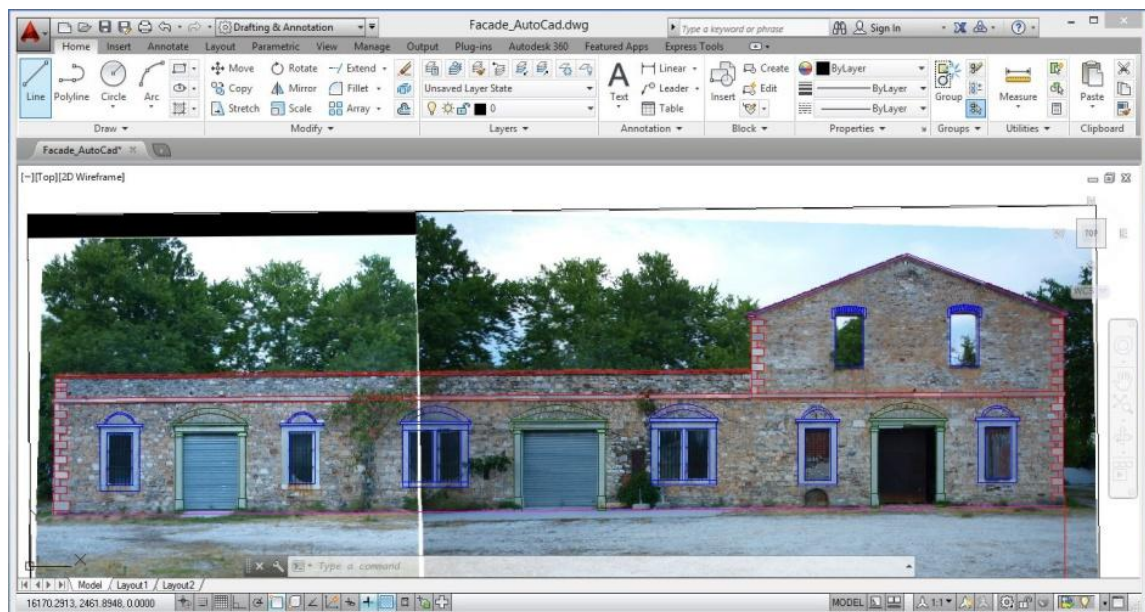


Fig. 34. Vectorizarea fațadei în AutoCad

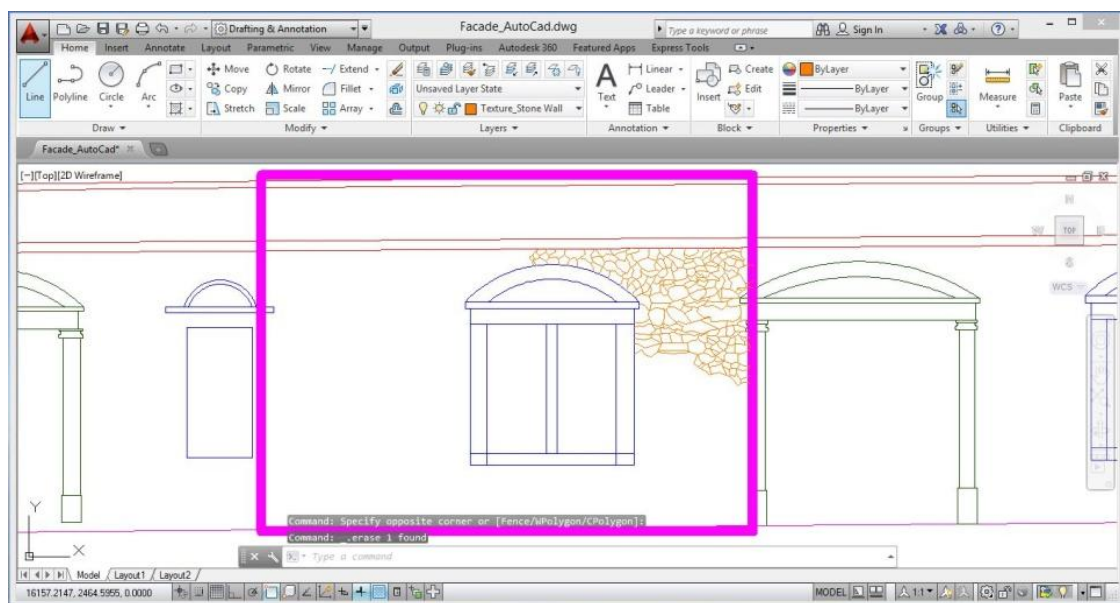


Fig. 35. Vectorizarea fațadei în AutoCad

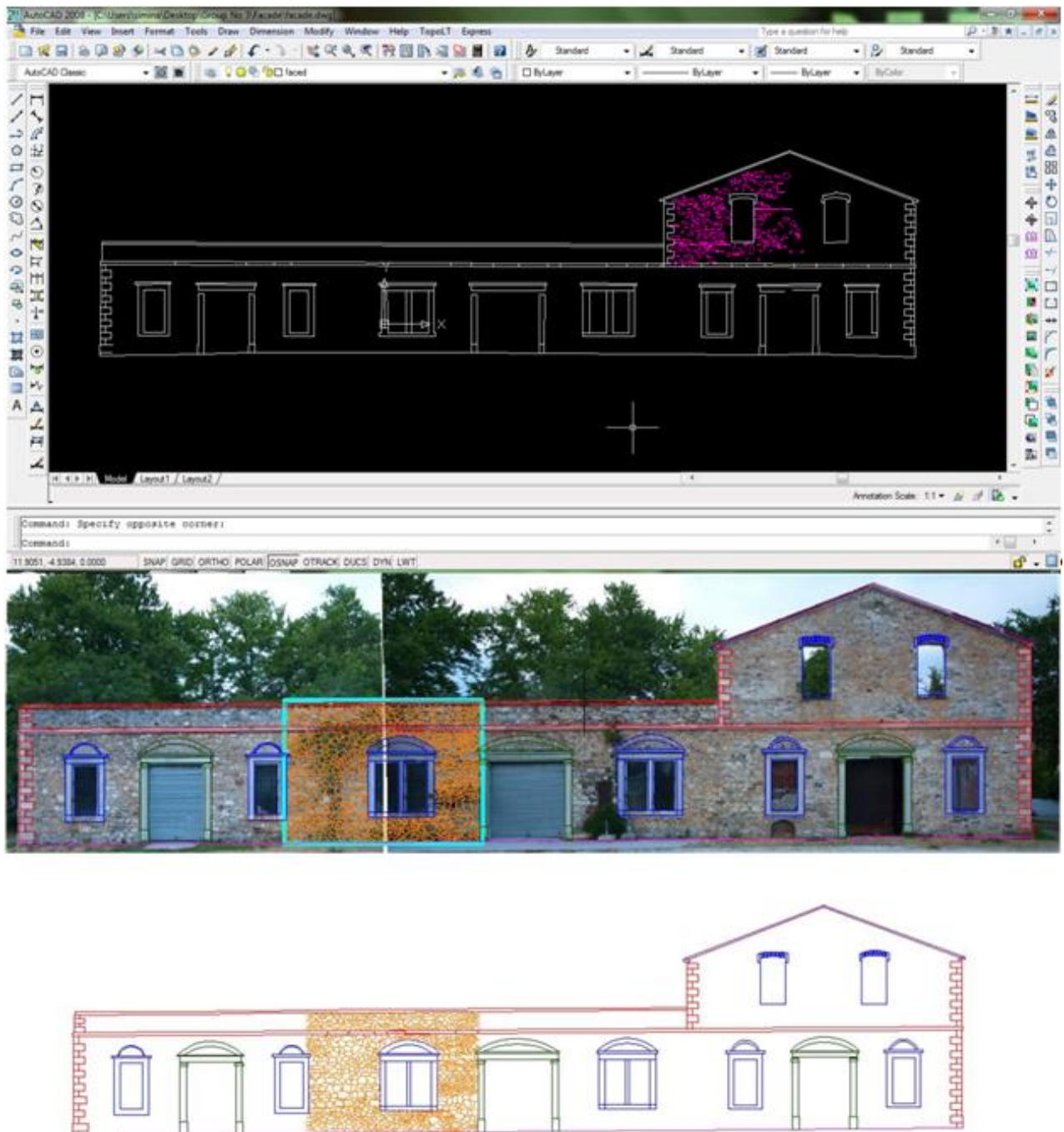


Fig. 36. Fațada clădirii vectorizată în AutoCad

Erorile care pot interveni în realizarea unui produs final – ortomosaic – cu o precizie ridicată provin din alegerea unor locații greșite ale operatorului în sesiunea de fotografiere, manevrarea camerei digitale incorectă (practica a demonstrat că se obțin fotografii mai bune dacă nu se înclină camera digitală, ci este așezată pe trepied sau ținută în poziție verticală față de clădire) și realizarea unor fotografii cu acoperire longitudinală nesatisfăcătoare.

APLICAȚIA NR. 2. Crearea modelului 3D al unui artefact

❖ *Descrierea și utilizarea programului (software) specializat PhotoScan Agisoft Software*



AgiSoft PhotoScan este o soluție avansată de modelare 3D bazată pe imagini utilizată pentru crearea de conținuturi 3D profesionale și de calitate. Fundamentată pe tehnologia de ultimă oră de reconstrucție 3D din mai multe imagini, acest produs folosește imagini arbitrare și este eficient atât în condiții controlate de utilizator, cât și în condiții nederijate. Fotografii pot fi realizate din orice poziție, cu condiția ca obiectul care se dorește a fi reconstruit să fie vizibil în cel puțin 2 dintre acestea. Procesele de aliniere a imaginilor și reconstrucție a modelelor 3D sunt total automatizate (Fig. 40). Programul permite alinierea imaginilor importate fără a fi necesare ținte sau condiții de fotografiere speciale.

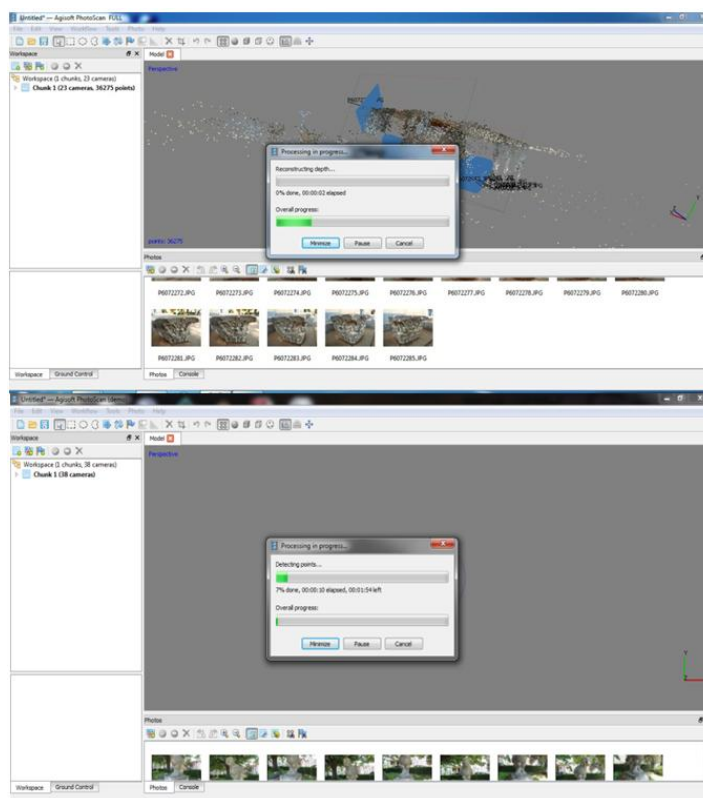


Fig. 37. Automatizarea procesului de reconstrucție a modelelor 3D

Fluxul de lucru total automatizat oferă posibilitatea și utilizatorilor obișnuiți de a procesa, într-un limbaj natural, fără a fi necesare cunoștințe avansate de modelare, mii de imagini aeriene sau terestre folosind un computer pentru a obține produse finale ce constau în date fotogrammetrice profesionale.

Dintre **avantajele** cele mai importante ale programului, se menționează:

- traingulație la mică distanță sau aeriană,
- generarea norilor de puncte la diferite rezoluții,
- generarea modelelor poligonale,
- stabilirea unui sistem de coordonate al modelului și georeferențierea acestuia,
- crearea unor Modele Digitale de Alitudine,
- generarea ortofotoplanurilor,
- procesarea imaginilor multispectrale.

Acest program specializat de modelare 3D suportă importuri de tipul JPEG, TIFF, PNG, BMP, JPEG Multi-Picture Format (MPO).

Ca și fișiere exportate, acestea pot fi de tipul: Wavefront OBJ, 3DS Max, PLY, VRML, COLLADA, Universal 3D, FBX, PDF.

Principiile de bază ale AgiSoft PhotoScan sunt următoarele:

- utilizarea la sesiunile de fotografiere a unei camere digitale care să aibă o rezoluție rezonabilă (de preferat 5MPixeli sau mai mult);
- alegerea unor obiective ale camerelor digitale cu unghi mare de vizualizare pentru o mai bună reconstrucție a relațiilor spațiale dintre obiectele fotografiate;
- planificarea sesiunii de fotografiere (Fig. 41);

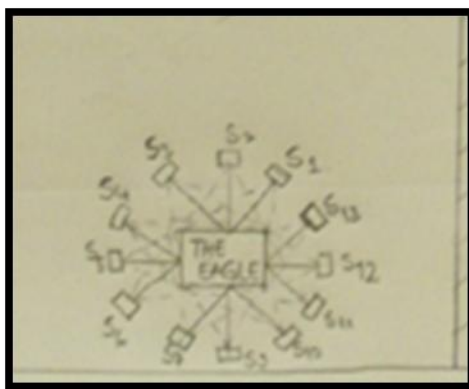


Fig. 38. Planificarea locațiilor din care se vor realiza fotografiile

- evitarea fotografierii obiectelor sau scenelor plane sau fără textură;

- evitarea fotografierii obiectelor lucioase sau transparente, în cazul în care se dorește crearea modelului 3D al unui obiect cu o textură lucioasă este de preferat ca sesiunea de fotografiere să se desfășoare pe vreme înnorată;
- evitarea obstrucționării câmpului de vizualizare către obiectul studiat;
- evitarea fotografierii obiectelor în mișcare;
- fotografiile realizate să respecte acoperirile longitudinale și transversale necesare (**acoperirea longitudinală** se încadrează în intervalul $60\% < a_x < 70\%$, iar **acoperirea transversală** se încadrează în intervalul $25\% < a_y < 30\%$);
- captarea scenelor cele mai importante din locații multiple (3 sau mai multe);
- imaginile nu trebuie decupate sau transformate geometric înainte de a fi inserate în program;
- este de preferat să se realizeze mai multe fotografii decât necesar, decât să fie mai puține;
- dacă se dorește crearea unui model 3D la scară reală, în teren se vor identifica și amplasa pe teren puncte (buloane) care vor fi folosite pentru stabilirea sistemului de coordonate de referință și a scării modelului; se măsoară cu ruleta distanța între aceste puncte de referință;

❖ *Crearea modelului 3D al unui artefact (statuie în formă de leu)*

În **etapa de planificare** este necesară deplasarea în teren pentru a identifica locația artefactului al cărui model 3D se dorește realizat, se recunoaște terenul și se desenează o schiță a obiectului (Fig. 42).



Fig. 39. Schița artefactului

Campania de teren implică sesiunea de fotografii (Fig. 43), stabilirea unor puncte de referință, eventual materializarea acestora în cazul în care este posibil, și măsurarea a 2 distanțe – una orizontală și una verticală (Fig. 44) – dintre aceste puncte pentru a putea obține modelul 3D la scară.



Fig. 40. Diferite locații ale operatorului în sesiunea de fotografiere






Fig. 41. Cele 2 distanțe măsurate în teren necesare stabilirii scării modelului 3D

Etapa de procesare a datelor și modelare utilizând programul specializat descris anterior constă în respectarea următorului flux de lucru:

- **importarea fotografiilor** prin comanda sugestivă „Add photos” sau se pot aduce prin metoda „drag&drop” (Fig. 45);



Fig. 42. Una din fotografiile importate în program

- **alegerea ariei de interes**, în sensul că programul permite procesarea imaginilor complete, cu dezavantajul că norul de punct obținut va fi foarte dens și va conține și elementele din jurul artefactului care nu sunt importante. De asemenea timpul de procesare va fi foarte mare, de aceea este de preferat ca imaginile să fie decupate (să fie curățat zgomotul=punctele în plus care, de obicei, constă în vegetație) folosind instrumentul „Intelligent scissors” . Se aleg puncte pe conturul obiectului, în cazul de față se pun puncte pe conturul statuii, și se folosesc comenzile „Invert selection”  și „Add selection”  pentru a elimina părțile din imagini care nu este necesară (Fig. 46).

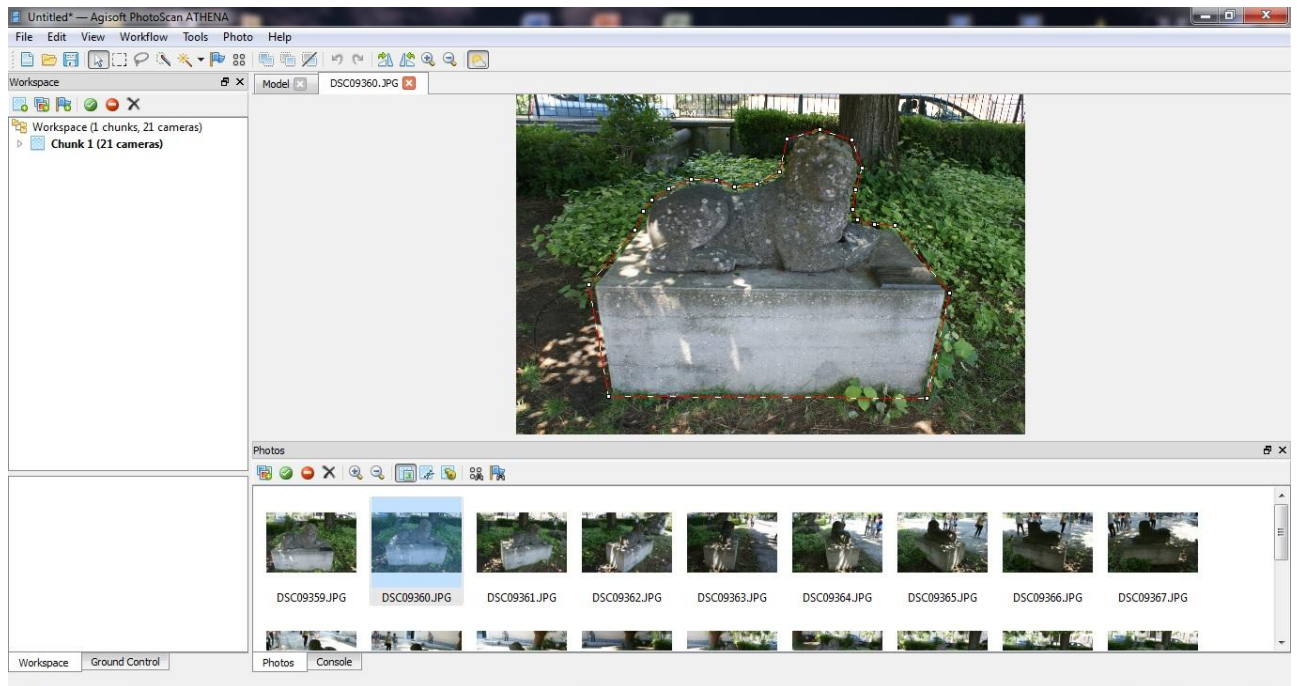


Fig. 43. Eliminarea vegetației din imagine pentru o procesare mai rapidă

- **unirea/triangulația fotografiilor** se face folosind comanda „Align photos” pentru a se obține norul de puncte, alegându-se opțiunea de precizie ridicată (Fig. 47);

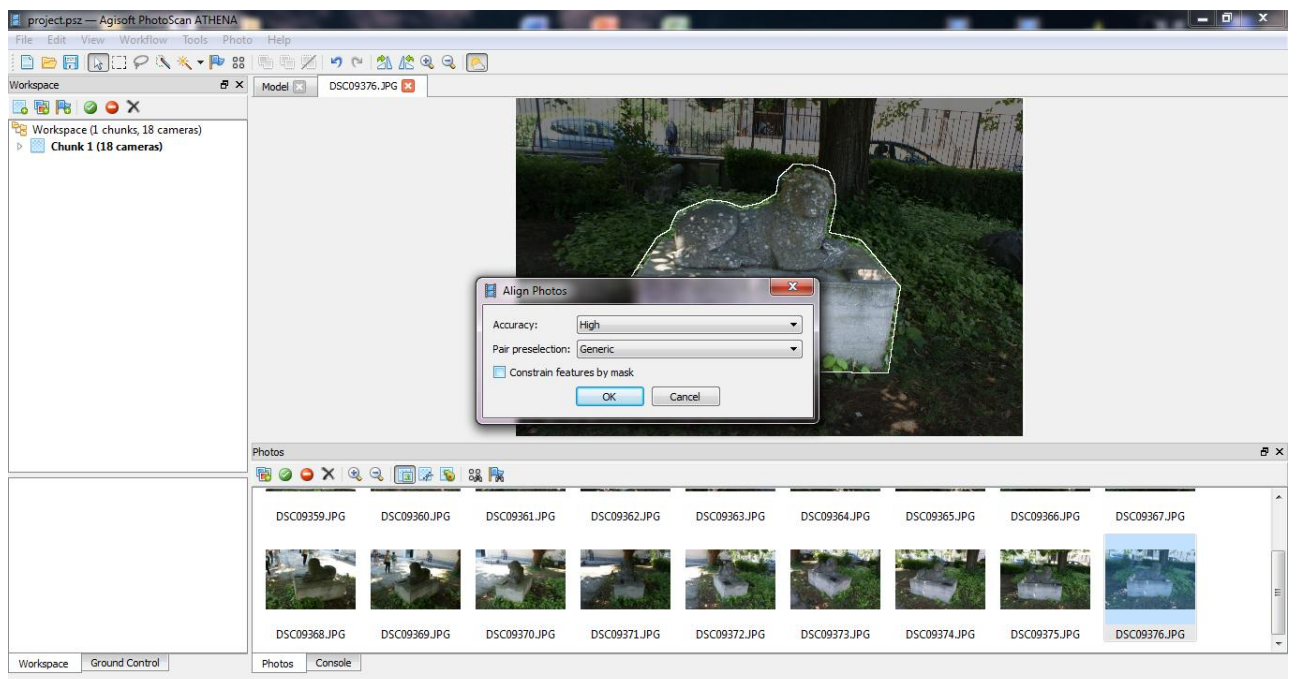


Fig. 44. Alegerea opțiunilor de precizie pentru unirea/triangulația fotografiilor

- **construirea geometriei norului de puncte** se realizează prin comanda „Build geometry” (Fig. 48);

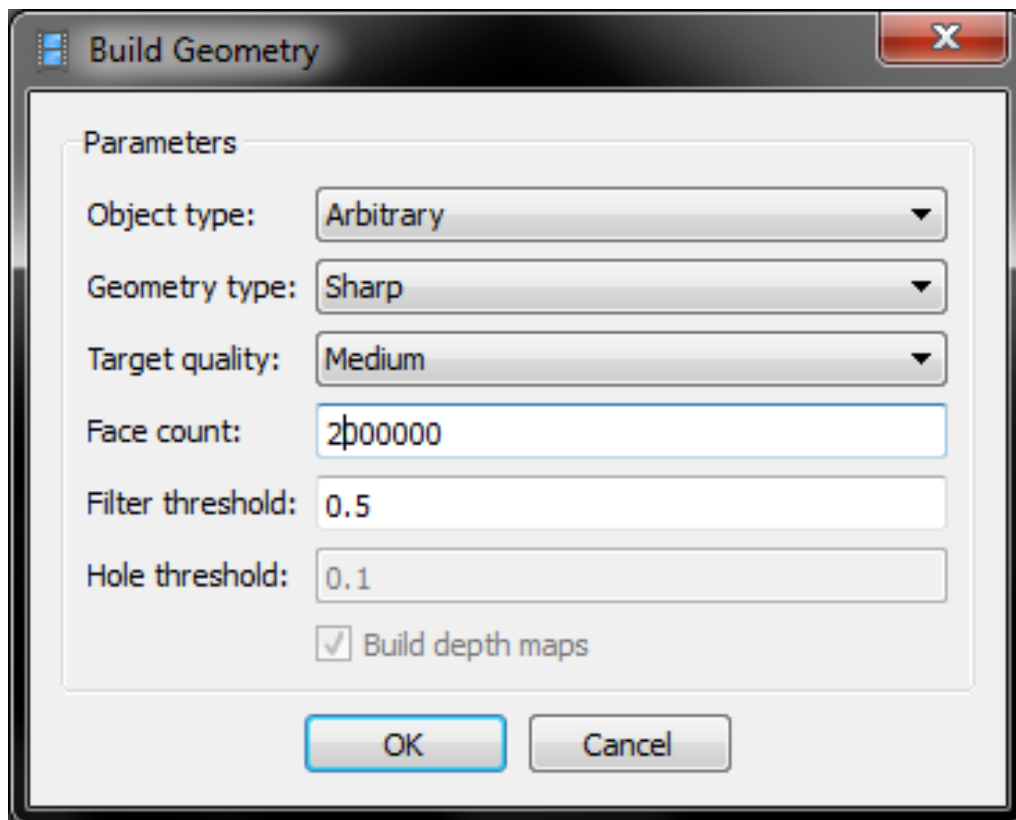


Fig. 45. Setarea parametrilor pentru construirea geometriei norului de puncte

- **aplicarea texturii** modelului 3D obținut prin comanda „Build texture” (Fig. 49, 50);

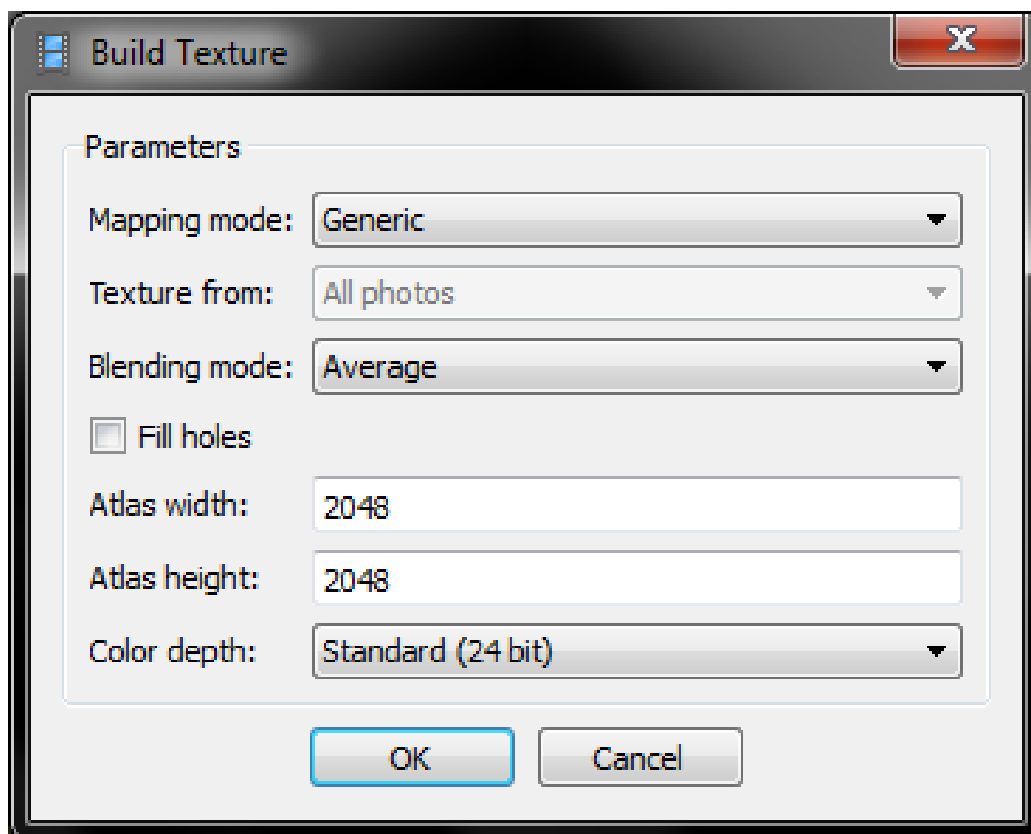


Fig. 46. Setarea parametrilor pentru aplicarea texturii

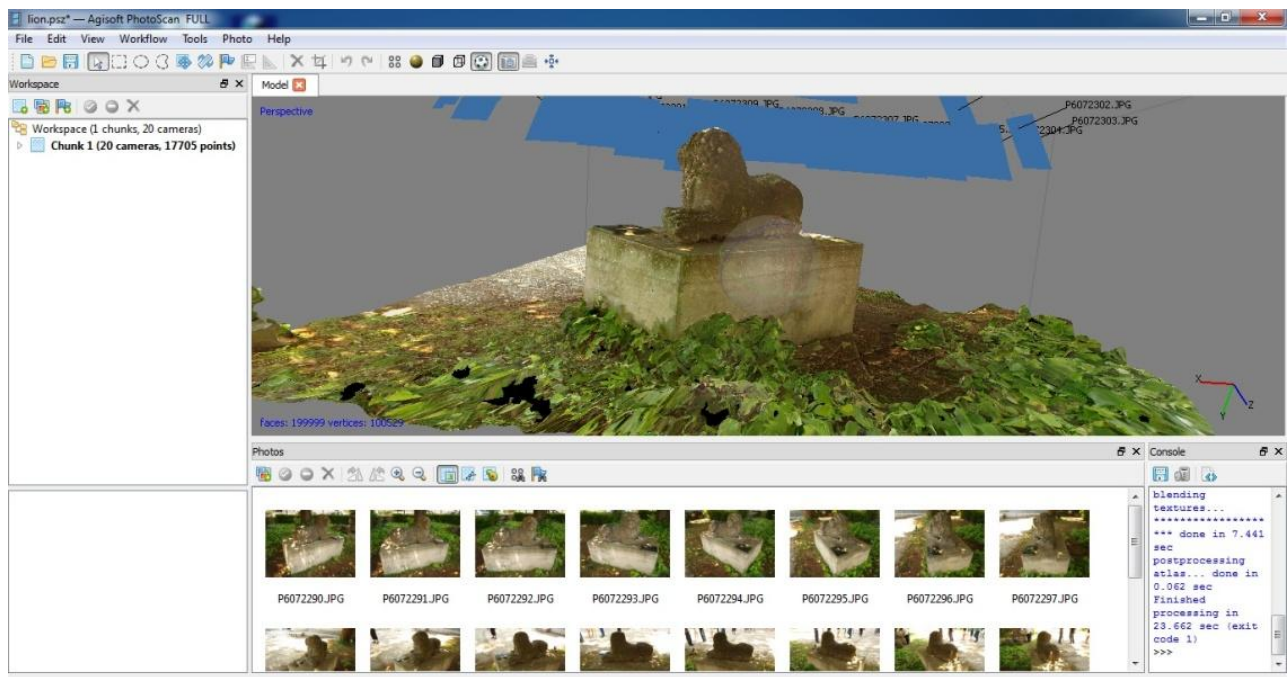


Fig. 47. Modelul 3D cu textura aplicată

- **georeferențierea și definirea scării modelului 3D** folosind una din distanțele măsurate în teren (orizontală – Fig. 51), cea de-a doua (verticală – Fig. 52) fiind necesară pentru verificare;

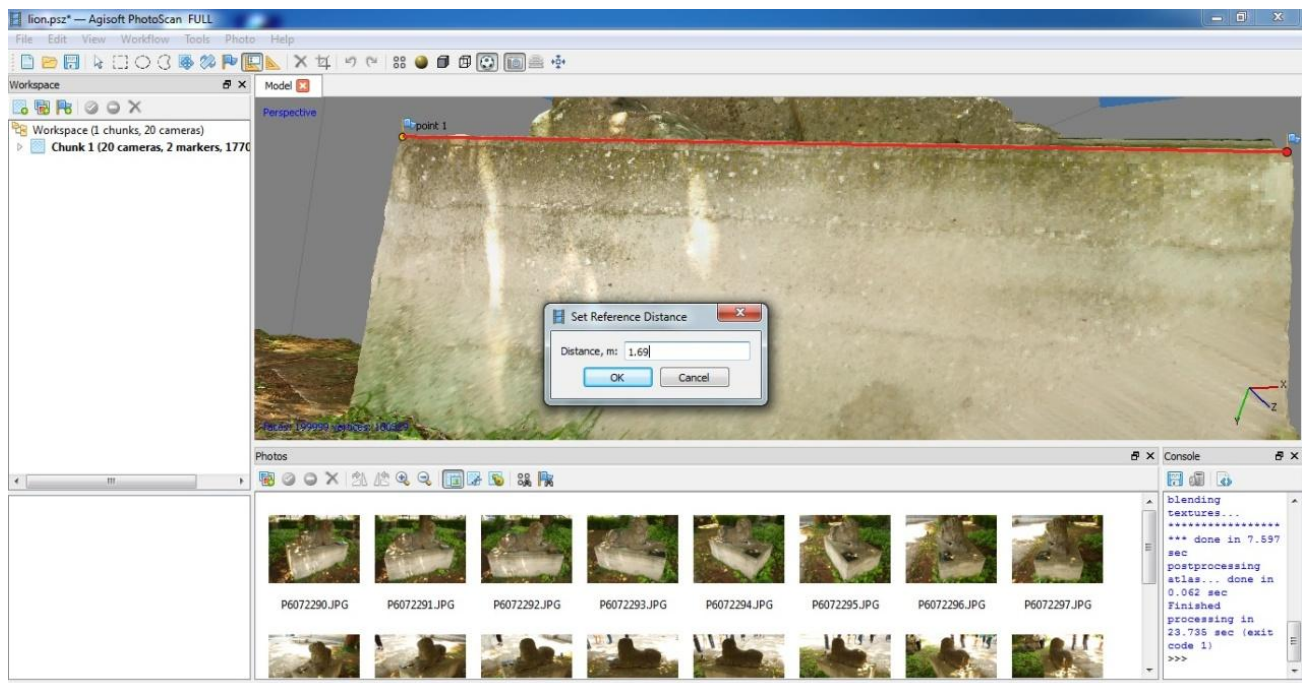


Fig. 48. Definirea scării modelului 3D folosind distanța orizontală măsurată în teren

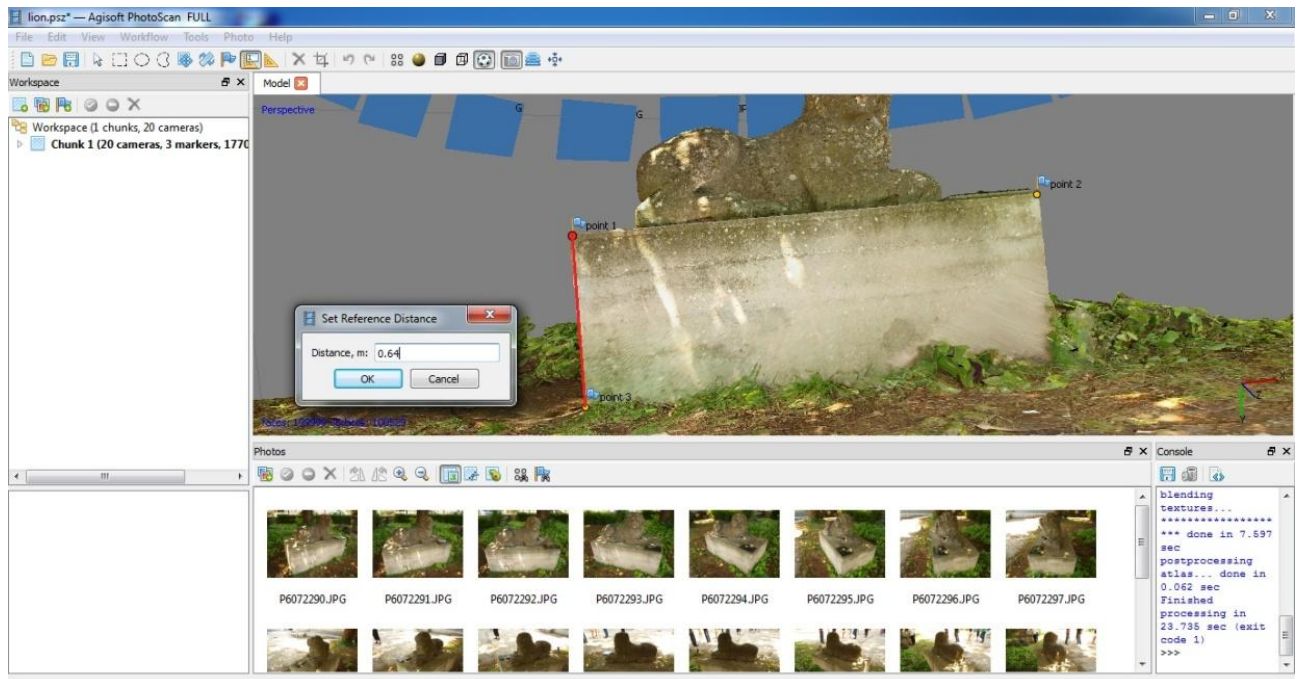


Fig. 49. Verificarea scării modelului cu ajutorul distanței verticale

- **exportarea modelului 3D** obținut (Fig. 53) s-a făcut în fișiere de tipul*.dxf (se poate deschide cu AutoCad Civil 3D), *. 3ds (se poate deschide cu programele 3D Studio 3D Scene și FileViewPro*) și *.wrl (se poate deschide cu programul Cortona 3D – Fig. 54).

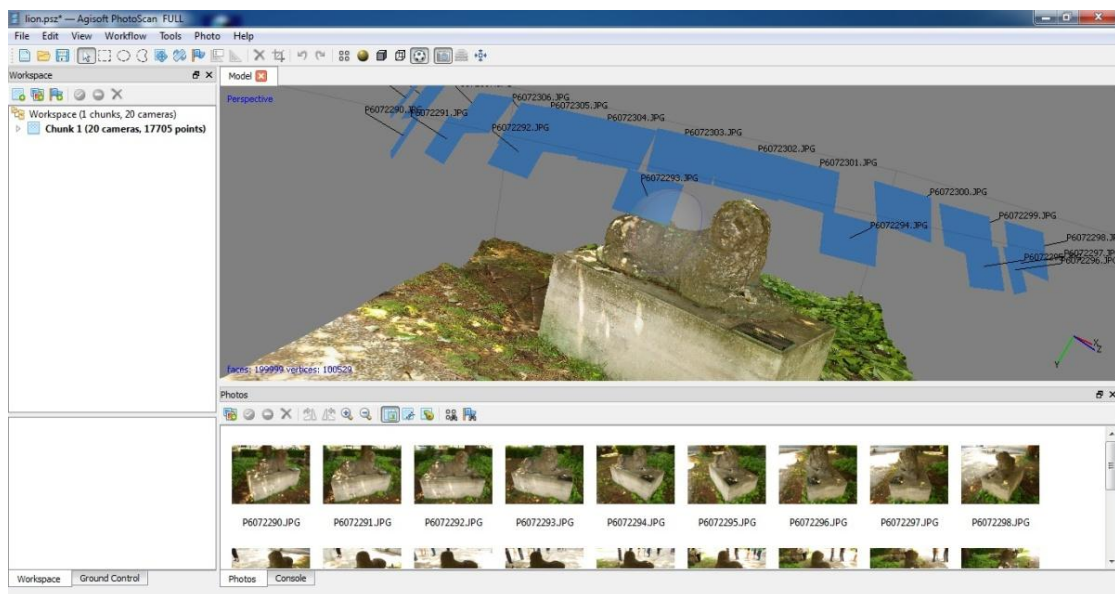


Fig. 50. Modelul 3D obținut

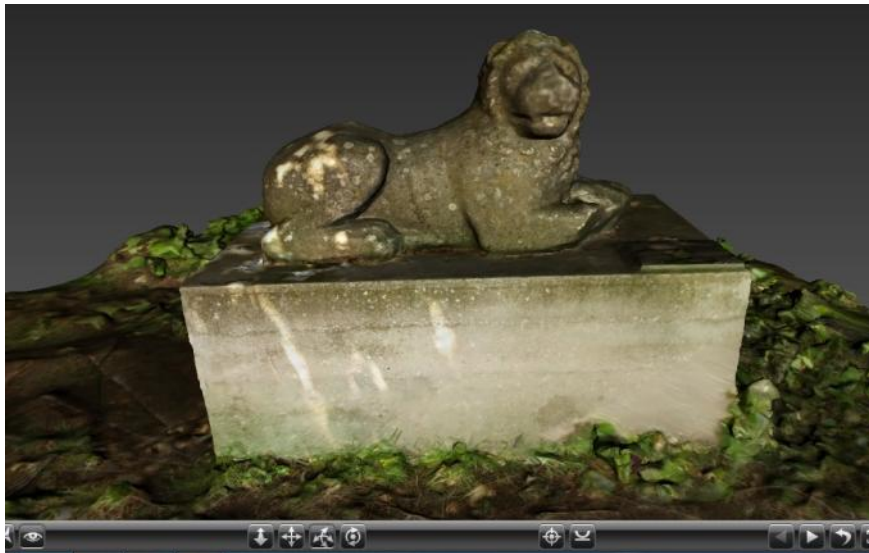


Fig. 51. Modelul 3D deschis în programul Cortona 3D

Modelul 3D al statuii a fost obținut din procesarea a 20 fotografii preluate cu o cameră digitală Olympus E-420 de 10 megapixeli, având o eroare de 2cm la verificarea distanței verticale.

Beneficiile esențiale ale acestui tip de aplicație sunt:

- utilizarea tehnologiilor fotogrammetrice „low-cost”;
- îmbunătățirea metodelor clasice de măsurare;
- procesarea imaginilor;
- obținerea unor produse finale în sistem 3D;
- utilizarea noilor instrumente și produse de modelare 3D;
- analiza 3D a obiectelor de patrimoniu, precum artefactele.

Un alt avantaj este faptul că pregătirea pentru a realiza o aplicație precum cea descrisă mai sus nu necesită instruire apriori, implicând, în faza de muncă de teren, doar folosirea a unei camere digitale, rulete sau stație totală.

Tehnica de modelare 3D bazată pe imagini demonstrează caracterul util al fotogrammetriei digitale în modelarea și vizualizarea 3D cu precizie a obiectelor reale care prezintă forme geometrice regulate (monumente, clădiri etc.). Precizia cu care se obțin modelele 3D (sub un pixel) corespunde aplicațiilor de reconstrucție din domeniul conservării patrimoniului istoric, fotogrammetria constituind astfel cea mai bună alternativă la tehnicile clasice de măsurare.

Importanța aplicațiilor descrise este reflectată în utilitatea practică a programului specializat, prin intermediul căruia se obțin modele 2D și 3D, folosind fotogrammetria și echipamente „low-cost”.

BIBLIOGRAFIE (SELECTIV)

- David (căs. Oniga) Valeria Ersilia, Teză de doctorat, *Studiu comparativ asupra metodelor de modelare 3D a zonei urbane*, București, 2013.
- Vîlceanu Clara – Beatrice, Teză de doctorat, *Utilizarea tehnologiilor geodezice moderne pentru monitorizarea, prelucrarea și analiza unor alunecări de teren și construcții din pământ armat*, Timișoara, 2013.
- The EPOCHE Erasmus IP (*Excellence in Photogrammetry for Open Cultural Landscape & Heritage Education*), Grecia, 2013.