

Ghid privind georeferențierea datelor spațiale

INTRODUCERE

Ghidul privind georeferențierea este elaborat în contextul activității “*Utilizarea datelor existente în cadrul Infrastructurii Naționale de Date Spațiale*” a proiectului “*Îmbunătățirea serviciilor de date spațiale în Republica Moldova conform standardelor UE*”, finanțat de către Uniunea Europeană în perioada 2020-2023.

Georeferențierea cu coordonate geografice reale: Acest proces implică asocierea hărților digitale cu coordonate geografice reale, cum ar fi latitudinea și longitudinea. Aceasta este o practică comună în cartografiere și Sisteme Informaționale Geografice (în continuare SIG) și permite reprezentarea precisă a datelor pe globul pământesc. Această abordare este esențială pentru hărțile care trebuie să fie interoperabile și să fie utilizate pentru analize geospațiale complexe, cum ar fi planificarea urbană, monitorizarea mediului, etc.

Utilizarea coordonatelor locale (carteziene): Există aplicații în care nu este necesară utilizarea coordonatelor geografice reale. În loc de aceasta, se pot utiliza coordonate locale sau sisteme de coordonate carteziene pentru a reprezenta datele spațiale. Aceasta poate fi valabilă în cazul în care se lucrează într-o zonă mică sau pe o proiecție locală, cum ar fi un sistem de coordonate utile pentru o anumită regiune sau proiect specific. Acest lucru poate simplifica matematica și analiza datelor pentru aplicații locale, cum ar fi hărțile de campus, planificarea unei clădiri sau a unui parc, sau orice altă aplicație cu o acoperire geografică limitată.

Decizia de a folosi coordonate geografice reale sau coordonate locale depinde de specificul aplicației și de necesitățile sale. Este important alegerea sistemelor de coordonate și metodele de georeferențiere care sunt cele mai potrivite.

Acest proces implică identificarea cu precizie a coordonatelor reale ale cel puțin patru puncte de control și apoi utilizarea acestor coordonate pentru a transforma sau ajusta coordonatele tuturor celorlalte puncte din setul de date. Georeferențierea continuă este un pas esențial în cartografiere și SIG pentru a asigura corectitudinea și precizia datelor spațiale.

Procesul poate fi descris în mai multe etape: Identificarea punctelor de control: Inițial, trebuie să se identifice și să se măsoare cu precizie cel puțin patru puncte de control în teren, ale căror coordonate geografice reale sunt cunoscute cu

încredere.

Calculul transformării: După ce se obținut coordonatele reale pentru punctele de control, puteți calcula parametrii transformării (cum ar fi scalarea, rotația, translația) pentru a alinia datele cu coordonatele geografice reale. Acest lucru se face de obicei utilizând formule matematice specifice pentru sistemul de coordonate.

Aplicarea transformării: După ce se calculează parametrii transformării, se aplică această transformare la toate celelalte puncte din setul de date. Acest lucru va ajusta coordonatele acestor puncte astfel încât ele să fie aliniat cu coordonatele geografice reale.

Verificarea preciziei: Este importantă verificarea preciziei georeferențierii prin compararea coordonatelor georeferențiate ale altor puncte de control cu coordonatele lor reale. Aceasta ajută la asigurarea, că transformarea a fost realizată corect.

Georeferențierea continuă este un proces esențial în SIG și cartografiere, deoarece asigură, că datele spațiale sunt corecte și corespund realității geografice. Aceasta permite analize precise și utilizarea eficientă a datelor în aplicații geospațiale.

În cadrul sistemului raster, procesul de georeferențiere este asemănător, dar poate fi mai complex decât în cazul sistemului vector, deoarece necesită precizie maximă la nivelul pixelilor imaginii. Acest proces este esențial pentru a transforma o imagine raster (cum ar fi o fotografie aeriană sau o scanare satelitară) într-un format geospațial, astfel încât să poată fi utilizată în aplicații SIG sau cartografie digitală.

Identificarea pixelilor de control: La fel ca în cazul sistemului vector, se inițiază prin identificarea cu precizie a unor puncte de control în imaginea raster. Acești pixeli de control trebuie să fie clar vizibili și să aibă coordonate geografice reale cunoscute.

Determinarea coordonatelor reale: Folosind informații auxiliare, cum ar fi hărți topografice sau date GPS(Global Positioning System), pentru a determina cu precizie coordonatele geografice reale ale pixelilor de control identificați în imaginea raster.

Calculul transformării: Utilizând coordonatele pixelilor de control din imaginea raster și coordonatele geografice reale pentru a calcula parametrii transformării necesari pentru a alinia imaginea cu sistemul de coordonate geografice. Acest lucru implică de obicei o transformare matematică, cum ar fi o transformare polinomială sau o transformare afină.

Aplicarea transformării: Aplicând transformarea calculată la toți pixelii din imaginea raster. Acest lucru va ajusta poziția fiecărui pixel astfel încât să corespundă coordonatelor geografice reale.

Verificarea preciziei: La fel ca în cazul georeferențierii continue în sistemul vector, este important să se verifice precizia georeferențierii prin compararea coordonatelor georeferențiate ale altor pixeli de control cu coordonatele lor reale.

Georeferențierea în sistemul raster este crucială în special în domeniile cum ar fi cartografia digitală, analiza imaginilor satelitare și geoprelucrarea, unde este necesară utilizarea unor imagini cu o precizie extremă în aplicații de analiză și luare a deciziilor. Procesul poate fi dificil și necesită atenție la detalii pentru a asigura rezultate precise.

I. SCOPUL GHIDULUI

1. Ghidul privind georeferențierea datelor/produselor spațiale relevante este elaborat pentru a ajuta instituțiile (părțile interesate de Infrastructura Națională de Date Spațiale) să execute proiecte de conversie a datelor lor din format analog în cel digital și altor materiale relevante, în special în domeniul public. Unele instituții interesate dispun de date/produse spațiale relevante, care sunt la dispoziția acestora și care ar merita să fie incluse în Infrastructura Națională de Date Spațiale (în continuare – INDS) în viitor. În acest scop, datele trebuie să fie transformate în format digital și să conțină componenta spațială (să fie georeferențiate). Datele analog se referă în special la hărțile istorice topografice și alte hărți tematice, de ex. hărți geologice și hidro-geologice, diferite tipuri de planuri și desene, cu excepția materialelor topografice și cartografice de precizie înaltă.

2. Instituțiile care doresc să planifice proiecte de conversie a datelor, însă care nu dispun de experiență, pot utiliza acest Ghid drept instrument de lucru. Se presupune că majoritatea instituțiilor interesate prezintă un interes mai mare față de planificarea activităților de conversie a datelor ca și proiecte pe termen scurt, finanțate separat, și nu le includ drept parte a programului de lucru sau strategiei instituției. Ghidul trebuie să fie utilizat pentru a defini fluxul de lucru în procesul de georeferențiere. După completarea procesului de georeferențiere, fișierul digital este pregătit pentru utilizare și/sau procesare ulterioară.

II. GEOREFERENȚIERE

3. Georeferențierea este procesul prin care sistemul intern de coordonate al unei hărți sau imagini foto-aeriene poate fi legat de un sistem de coordonate geografice. Conform unei alte definiții, georeferențierea este denumirea atribuită procesului de referențiere geospațială a datelor și obiectelor informaționale – seturi de date, documente textuale, hărți, fotografii și imagini, etc. – la locațiile lor corespunzătoare pe pământ. (URL 1)

4. Cu alte cuvinte, georeferențierea este poziționarea corectă a datelor la locul lor din lumea reală.

5. Pentru a nu crea confuzie cu termenul “geocodificare” – geocodificare este procesul prin care se ia o descriere bazată pe text a unei locații, de ex. o adresă sau denumirea unui loc, și i se atribuie coordonate geografice, de regulă coordonatele geografice latitudine/longitudine, pentru a identifica o locație pe suprafața pământului. Geocodificarea inversă, pe de altă parte, convertește coordonatele geografice în descrierea unei locații, de regulă denumirea unui loc sau locație cu adresă. (URL 2).

6. Diferite metode și instrumente pot fi utilizate în scop de georeferențiere a unui set de date spațiale. Ele variază, începând cu cele comerciale așa ca ArcGIS,

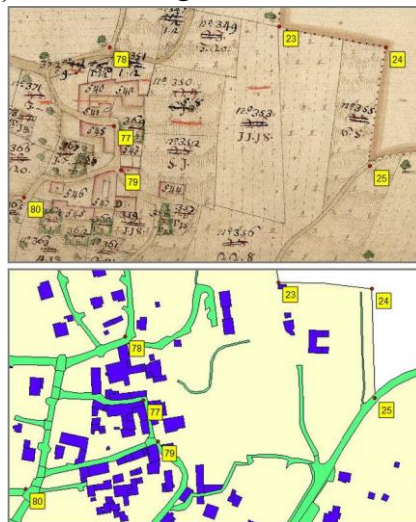
AutoCAD (Raster Design), FME, până la instrumentele de sursă deschisă așa ca QGIS sau GDAL. Când vorbim despre date spațiale, cel mai des ne referim la date vector și raster. Procesul de georeferențiere, indiferent de prezența datelor vector sau raster, utilizează funcțiile de translare, rotație, mărire/micșorare și deformare (*engleză - rubber sheeting*), ce reprezintă formule matematice simple sau complexe. Fiecare furnizor de aplicații, fie comercial sau de sursă deschisă, utilizează metode similare și nu există o diferență majoră în alegerea aplicației de georeferențiere. În Croația, combinația AutoCAD (Raster Design) cu GDAL și QGIS s-a demonstrat a fi cea mai bună alegere în calitate de aplicație și instrument pentru procesele de georeferențiere.

7. Georeferențierea seturilor de date vector este deseori un proces direct, deoarece datele vector dispun de coordonate distinctive pentru fiecare parte a obiectului spațial (punct, linie, poligon) și transformarea datelor vector se face deseori cu o simplă mișcare cu metode de rotire și mărire/micșorare ce există în orice aplicație CAD sau SIG cu instrumente standard de redactare. În cazuri foarte rare, avem nevoie să utilizăm metoda mai complexă de deformare – *engleză: rubber sheeting*.

8. În acest document, noi ne vom axa pe metodele și instrumentele de georeferențiere raster.

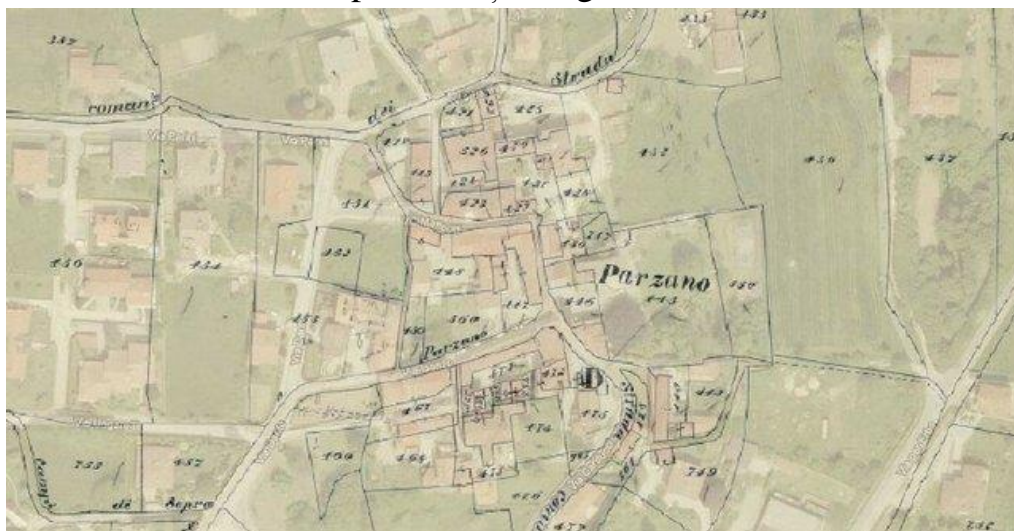
III. GEOREFERENȚIEREA HĂRȚILOR ÎN FORMAT RASTER

9. Georeferențierea este procesul de atribuire a coordonatelor din lumea reală la fiecare pixel din raster, conectând setul de date raster la sisteme de coordonate geografice sau proiectate. Georeferențierea se face cu utilizarea punctelor ce dispun de coordonate cunoscute de pe setul de date raster (de exemplu intersecția caroiajului coordonatelor) sau prin compararea punctelor cu alte surse de date (raster sau vector) cu coordonate cunoscute, așa ca în Imaginea nr.1.



Imaginea nr.1: Georeferențierea rasterului după caracteristici identice pe ambele surse (Brovelli, M. A. and Minghini M., 2012)

10. Produsul final al procesului de georeferențiere a rasterului este o imagine ce poate fi aliniată cu orice altă sursă de date vector sau raster într-un sistem de coordonate cunoscut. De exemplu, vedeți Imaginea nr. 2.



Imaginea nr. 2: Hartă veche georeferențiată suprapusă pe ortofoto digitală (Brovelli, M. A. și Minghini M., 2012)

11. Datele raster provin din diferite surse, de exemplu imagini de satelit, fotografiile aeriene, desene CAD scanate sau hărți vechi. Imaginile moderne de satelit și fotografiile aeriene au tendința să fie georeferențiate și necesită doar o mică modificare a informației spațiale. Însă desenele CAD scanate și hărțile vechi trebuie să parcurgă tot procesul de georeferențiere.

12. Procesul de georeferențiere poate fi divizat în câteva etape:

- 1) Inserarea imaginii în aplicație,
- 2) Crearea punctelor de control pe teren (PCT) pentru a potrivi câteva locații de pe imagine la coordonatele din lumea reală,
- 3) Selectarea metodei de transformare geometrică,
- 4) Selectarea metodei de re-eșantionare,
- 5) Selectarea sistemului de coordonate,
- 6) Selectarea metodei de compresie a rasterului,
- 7) Stocarea informației despre georeferențiere,
- 8) Revizuirea punctelor de control pe teren și corectarea erorilor, dacă există necesitatea, și repetarea procesului.

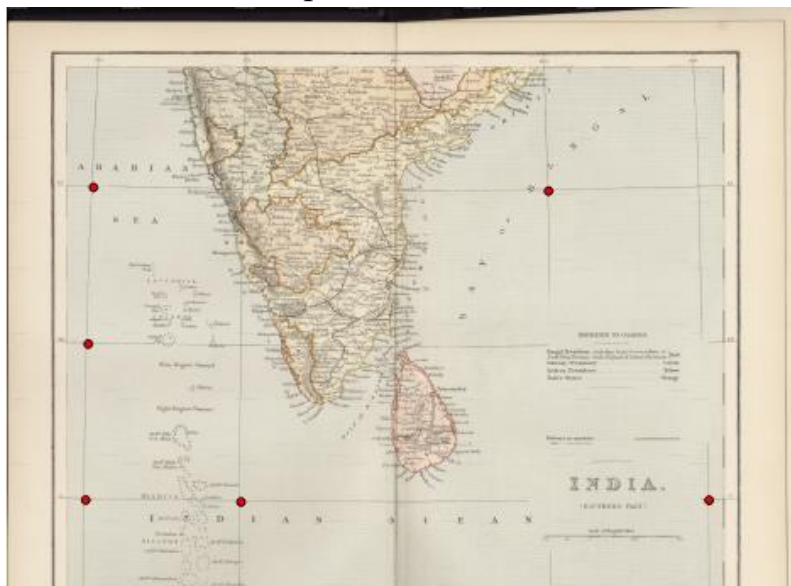
Secțiunea nr. 1. Puncte de control pe teren

13. Procesul de georeferențiere include crearea și selectarea caracteristicilor identice punctelor corespunzătoare pe ambele seturi de date, prin identificarea unui număr de puncte de control (perechi de coordonate x și y) care corespund locațiilor de pe setul de date raster și locațiilor de pe datele spațiale georeferențiate. Punctele de control pe teren (PCT) constituie o pereche de coordonate (x, y) ce indică aceeași

locație pe ambele seturi de date.

14. Atunci când selectăm puncte de control pe teren (PCT), noi putem alege orice locație cunoscută pe ambele seturi de date. PCT pot fi:

- 1) Grila de coordonate sau
- 2) O caracteristică identică pe ambele seturi de date.



Imaginea nr. 3: Georeferențierea cu ajutorul grilei de coordonate (URL 3)

15. Dacă caroiajul este prezent pe hartă, se recomandă a fi utilizat în calitate de puncte de control pe teren (Imaginea nr. 3).

16. La utilizarea caracteristicilor identice imaginea nr.1, acestea pot fi orice locații identificabile, ca de exemplu intersecții ale drumurilor sau ale râurilor, colțul unei clădiri, colțurile străzilor sau intersecția a doi pereți.

17. Aceste puncte de control pe teren vor fi utilizate de algoritmul de transformare, care va încerca să potrivească rasterul non-georeferențiat la acele coordonate cât mai corect posibil. Cu cât mai multe puncte de control pe teren sunt adăugate, cu atât mai bine va funcționa algoritmul. Este necesară existența unui număr suficient de PCT, de regulă - minimum 3 PCT, însă pentru zonele deformate este necesar un număr mai mare de puncte de control pe teren.

18. Numărul de PCT necesare, depinde foarte mult de complexitatea metodei de transformare. Diferite metode de transformare sunt descrise în următorul capitol. Cu toate acestea, adăugarea mai multor puncte de control pe teren nu va rezulta în mod neapărat într-o ajustare îmbunătățită. Unele metode de transformare nu pot accepta decât un anumit număr de PCT. Punctele de control pe teren (PCT) trebuie să fie extinse peste întregul set de date raster (și margini), evitând concentrarea lor într-o singură zonă. Se recomandă utilizarea grilei/caroiajului de coordonate în calitate de puncte de control pe teren (PCT).

Secțiunea nr. 2. Metode de transformare

19. Atunci când este creat un număr suficient de perechi de coordonate ale punctelor de control pe teren, putem selecta metoda de transformare pentru a poziționa rasterul într-un sistem cunoscut de coordonate.

20. În majoritatea aplicațiilor/instrumentelor, există o varietate de metode de transformare (Imaginea nr. 4):

- 1) Transformare lineară
- 2) Transformare Helmert
- 3) Polinomial 1
- 4) Polinomial 2
- 5) Polinomial 3
- 6) Thin plate spline (TPS)
- 7) Transformare proiectivă

21. Metoda de transformare depinde de tipul de deformare a originalului. Dacă nu există deformare, atunci se aplică transformarea Helmert. Dacă există o contractare/îngustare a originalului datorită influenței temperaturii, umidității și trecerii timpului, se recomandă o transformare afină (Françula 2004). În timpul de față, transformarea polinomială este deseori utilizată.

1) Transformarea lineară utilizează doar mișcarea (translarea) și mărirea/micșorarea (fără rotație), iar un număr de minim 2 puncte de control pe teren este necesar. Rasterul nu este re-eșantionat, deoarece se păstrează pixelii inițiali/originali.

2) Transformarea Helmert (sau transformarea ortogonală) utilizează mișcarea (translarea) x și y , rotația și mărirea/micșorarea. Se păstrează unghiurile, ceea ce înseamnă că pătratul dintr-un sistem este transpus într-un pătrat din alt sistem. Cel puțin 2 puncte de control pe teren sunt necesare (URL 4).

3) Transformarea polinomială de gradul 1 (sau transformarea afină) permite diferite scări în direcția x și y și utilizează funcții de mișcare, mărirea/micșorare și rotație. Sunt necesare minimum 3 puncte de control pe teren. Liniile drepte vor fi păstrate, însă pătratele pot fi transpuse în paralelorame (distanțele și unghiurile nu sunt păstrate în mod necesar).

4) Transformarea polinomială de gradul 2 este similară celei polinomiale de gradul 1, însă polinomiale pătratice sunt utilizate pentru x și y . Nu se face mărirea/micșorare globală, rotația – deloc. Acest tip de transformare este deseori utilizat la georeferențierea simplă, însă liniile drepte pe raster ar putea să nu mai fie drepte, deoarece rasterul este deformat. Cel puțin 6 puncte de control pe teren sunt necesare.

5) Transformarea polinomială de gradul 3 sau de un grad mai superior necesită mai mult decât 10 puncte de control pe teren și poate deforma imaginea

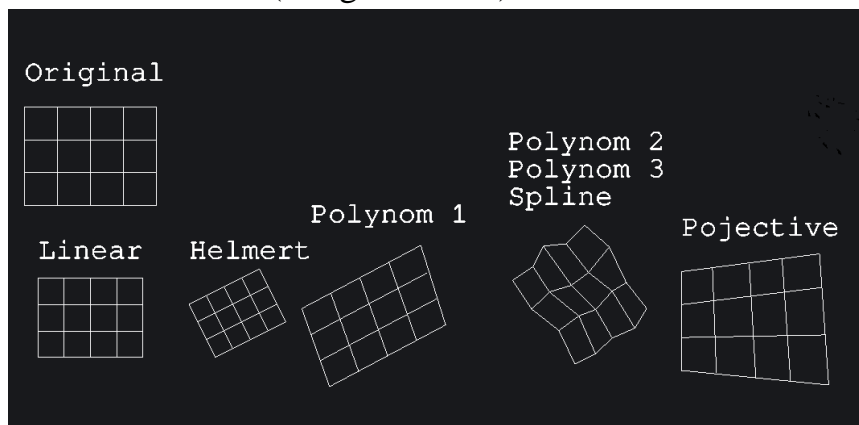
raster foarte tare. Este deseori utilizată pentru georeferențiere complexă.

a) Transformările superioare gradului 3 sunt rareori utilizate.

b) Transformările polinomiale încearcă să realizeze o potrivire cât mai bună în raport cu punctele de control. Doar transformarea polinomială de gradul 1 cu exact 3 puncte va realiza potrivirea exactă cu punctele de control, celelalte tipuri vor încerca să potrivească punctele de control pe teren cât mai bine posibil. Gradele ridicate polinomiale rezultă în erori mai mici la punctele de control, însă, în același timp, se înregistrează mai multe deformări în locurile îndepărtate de punctele de control. În general, dacă setul de date raster necesită a fi întins, mărit/micșorat și rotit, se va utiliza o transformare de gradul 1. Dacă setul de date raster trebuie să fie îndoit sau curbat, se va utiliza transformarea de gradul 2 sau 3 (URL 5). Transformarea de gradul 1 – pentru rasterul care necesită a fi întins și rotit. Transformarea de gradul 2 sau 3 sau TPS (thin plate spline) – pentru rasterul care necesită a fi deformat.

6) Spre deosebire de polinomiale, metoda Thin Plate Spline (TPS) sau transformarea *rubber sheeting* utilizează câteva polinomiale locale. Metoda Thin Plate Spline (TPS) transformă punctele de control originale (sursă) exact în puncte de control dorite; pixelii care se află la distanță de punctele de control nu sunt neapărat exacti. Metoda TPS este deseori utilizată atunci când punctele de control pe teren trebuie să coincidă exact. Minim 3 puncte de control pe teren sunt necesare. Adăugarea mai multor puncte de control poate spori corectitudinea generală a transformării Spline (URL 2A). Se utilizează deseori la georeferențiere complexă. TPS este utilă atunci când se georeferențiază originale de o calitate foarte slabă (URL 4).

7) Transformarea proiectivă este rareori utilizată la hărți, deoarece ea reprezintă o transformare între două planuri non-paralele cu utilizarea unei proiecții centrale, chiar dacă acest lucru ar fi potrivit pentru o fotografie non-perpendiculară a unei hărți. Pătratul poate fi transpus în orice patrulater. Minimum 4 puncte de control pe teren sunt necesare (Imaginea nr. 4).



Imaginea nr. 4: Ilustrarea diferitor tipuri de transformare (URL 4)

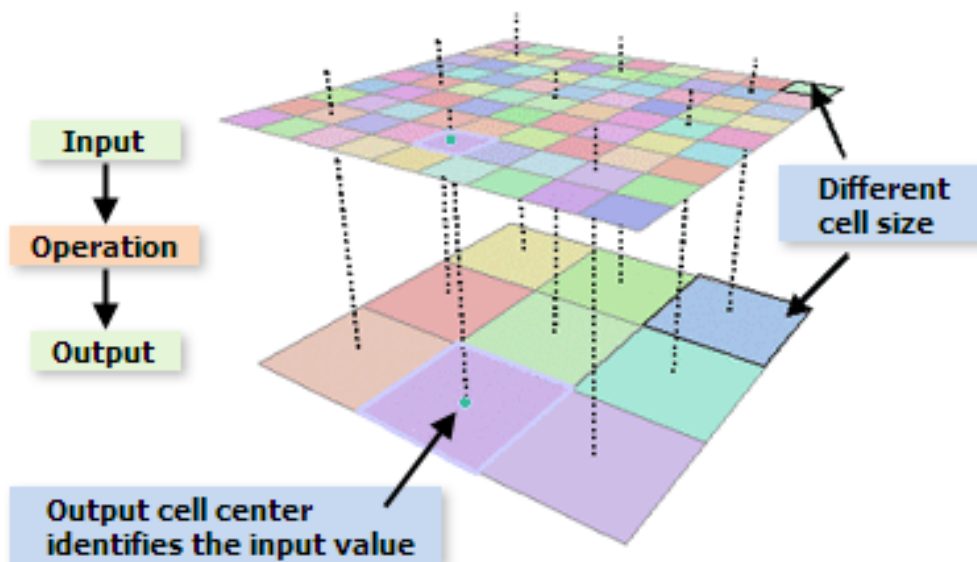
22. Ca rezultat al procesului de transformare, programul computerizat va calcula eroarea reziduală ca fiind diferența dintre locul unde PCT a ajuns după transformare și locul de facto al fiecărui PCT. Dacă valoarea erorilor reziduale este aproape de zero, atunci transformarea este considerată destul de precisă. Eroarea totală se calculează drept “rădăcina medie pătratică” (Eng: root mean square error - RMS error) a tuturor erorilor obținute de la fiecare PCT. Această valoare descrie cât de consistentă este transformarea între diferite puncte de control. Dacă eroarea este deosebit de mare, se poate de înlăturat sau adăugat puncte de control pentru a corecta eroarea. (URL 5)

Secțiunea nr. 3. Metode de re-eșantionare

23. Re-eșantionarea imaginii este procesul executat după transformare, pentru a calcula valoarea fiecărui pixel, utilizând valoarea pixelului (pixelilor) din vecinătate. Valoarea pixelului descrie cât de deschis la culoare este acest pixel, precum și/sau care este culoarea pixelului.

24. Deoarece centrul noului pixel (pentru care se cunosc coordonatele geografice) de regulă nu coincide cu centrul pixelului din imaginea originală/inițială, noi nu cunoaștem care este valoarea fiecărui pixel nou.

25. Cu alte cuvinte, atunci când se modifică rezoluția sau se deformează/răsucește imaginea într-un careva mod, imaginea trebuie să fie recalculată, utilizând noile valori. Același proces este necesar când se modifică dimensiunea celulei (Imaginea nr. 5).



Imaginea nr. 5: Procesul de re-eșantionare (URL 6)

26. Există câteva metode posibile de re-eșantionare (Imaginea nr. 6):

- 1) Metoda celui mai apropiat vecin
- 2) Metoda bilineară

- 3) Metoda cubică
- 4) Metoda "cubicspline"
- 5) Metoda "Lanczos"

27. Valorile care vor fi create pentru noii pixeli depind de metodele de re-șantionare selectate.

1) **Metoda "Celui mai apropiat vecin"** nu modifică niciuna din valorile setului de date raster inițial. Această metodă ia un pixel (centrul pixelului) din rasterul inițial și găsește cel mai apropiat pixel (centrul pixelului) din rasterul final. Este cea mai rapidă metodă de re-șantionare, însă generează un rezultat vizual nedorit. Cu toate acestea, valorile în rasterul final nu se modifică drastic și ele trebuie să fie utilizate pentru datele de categorie, nominale și ordinare, de exemplu raster de clasificare a amenajării terestre, clădiri sau tipuri de soluri care au hotare definite (URL 7).

2) **Metoda bilineară** calculează valorile unui pixel în baza a patru pixeli din apropiere. Ea atribuie valoarea pixelului final prin calcularea mediei ponderate a celor patru celule din apropiere. Rezultatul va fi un raster neted (însă nu la fel de neted ca și în cazul metodei cubice), care este util pentru seturi de date continue fără hotare definite, de exemplu rastere cu pantele/graficele de temperatură, modele digitale ale terenurilor sau ortofoto digitală. Neted înseamnă de fapt că contrastele sunt mai puțin pronunțate.

3) **Metodele cubică și "cubicspline"** sunt asemănătoare metodei bilineare, însă ele implică mai multe celule din apropiere la calculare. Drept rezultat, timpul de procesare tinde să crească pentru aceste metode. În general, ele se utilizează în aceleași cazuri ca și metoda bilineară, cu excepția cazurilor când există **zgomot** mare în setul de date, de exemplu imagini de radar. În astfel de cazuri, se recomandă metodele cubice.

4) **Metoda "Lanczos"** este deseori denumită "filtru ascuțit", deoarece ea accentuează mai mult regiunile care sunt mai întunecate decât orice zone pe original și zonele care sunt cele mai deschise la culoare decât orice zone pe original. Acest lucru poate fi util în cazurile când există necesitatea de a accentua caracteristici detaliate sau hotare. Acest lucru poate spori capacitatea de a detecta mai bine în mod vizual marginile și caracteristicile lineare (URL 8).

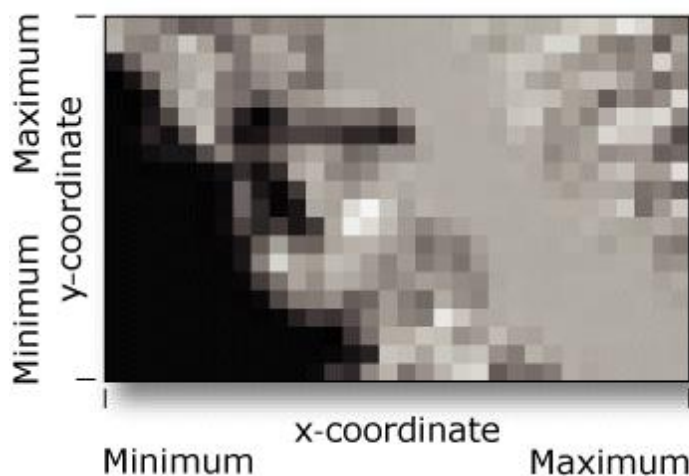
28. Toate metodele pot fi aplicate datelor continue (hărți vechi sau ortofoto digitală), însă metoda "celui mai apropiat vecin" va produce un raster "cu margini" (în formă de pătrat), pe când metodele bilineară și cubică vor genera rezultate mai netede.



Imaginea nr. 6: Compararea diferitor metode de re-eșantionare

Secțiunea nr. 4. Stocarea informației georeferențiate

29. Spre deosebire de datele vector, unde cunoaștem coordonatele fiecărui punct (vertex) al caracteristicii, o imagine raster georeferențiată se definește prin cunoașterea poziției și dimensiunii unui singur pixel de referință (Imaginea nr. 7).



Imaginea nr. 7: Informația spațială minimă pentru o imagine georeferențiată (URL 9)

30. În timpul procesului de georeferențiere, va trebui să stocăm informația spațială despre acel raster (informația de georeferențiere). Acest lucru poate fi realizat în două moduri:

- 1) Utilizarea unui fișier ASCII World separat,
- 2) Stocarea informației de georeferențiere în antetul unui fișier (metadata).

31. Fiecare aplicație SIG și CAD din prezent poate citi informația spațială raster, cu utilizarea oricărei din cele două metode expuse mai sus.

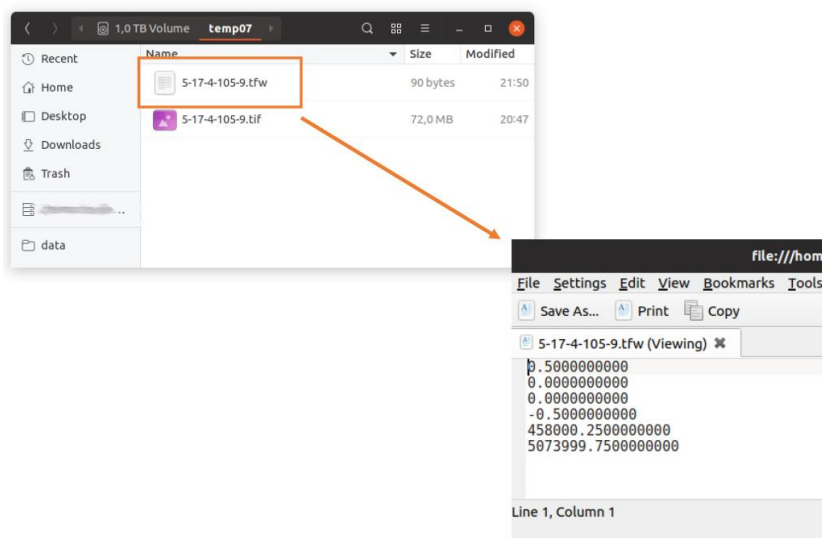
Secțiunea nr. 5. Fișierul World

32. Un fișier World constituie o modalitate simplă de descriere a informației spațiale despre raster. Este un fișier auxiliar simplu ASCII doar cu șase linii de text, care conține informație spațială despre imagine. Extensia sa variază în dependență de tipul de imagine la care face referință, iar denumirea fișierului este întotdeauna aceeași ca și denumirea imaginii. De exemplu, dacă denumirea imaginii este *World.tif*, atunci fișierul World va fi denumit *World.tfw*. În tabelul de mai jos sunt descrise cele mai vestite formate de imagini cu fișierul lor auxiliar World (Imaginea nr. 8).

Raster file name	World file name
World.jpg	World.jpw
World.tif	World.tfw
World.bmp	World.bpw
World.png	World.pgw
World.gif	World.gfw

Imaginea nr. 8: Formatul raster cu fișierul său World

33. Orice fișier World conține doar șase linii de text. Fiecare linie reprezintă un parametru de georeferențiere. Următoarea imagine descrie un exemplu de fișier World pentru o imagine (Imaginea nr. 9).

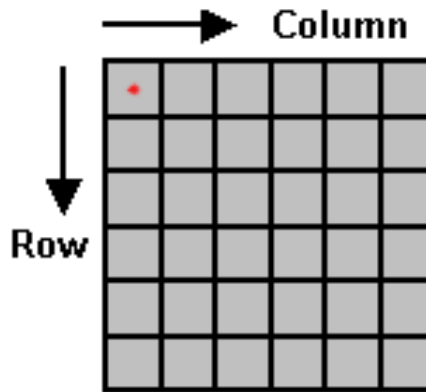


Imaginea nr. 9: Fișierul World deschis într-un simplu redactor de text

34. Pe desen, noi vedem o imagine (5-17-4-105-9.tif) cu fișierul său corespunzător World (5-17-4-105-9.tfw). Dacă deschidem acest fișier World în orice editor/redactor de text, noi putem vedea cele șase linii. Conținutul acestor linii este următorul:

- 1) Linia 1: dimensiunea-x a unui pixel în unitățile hărții,
- 2) Linia 2: parametru de rotație,
- 3) Linia 3: parametru de rotație,
- 4) Linia 4: NEGATIVUL dimensiunii-y a unui pixel în unitățile hărții,
- 5) Linia 5: coordonata-x a centrului pixelului de sus din stânga,
- 6) Linia 6: coordonata-y a centrului pixelului de sus din stânga.

35. Liniile 1 și 4 sunt aproape întotdeauna identice (cu excepția valorii negative a liniei 4), precum și liniile 2 și 3 la fel sunt aproape întotdeauna identice. Motivul este faptul că în SIG noi avem întotdeauna pixeli pătratici care au aceeași dimensiune pentru axele x și y în unitățile hărților (metri). Niciodată nu vom avea situația când un pixel are dimensiunile de 1 metru în direcția x și 2 metri în direcția y. Aceeași situație este și cu parametrii de rotație (liniile 2 și 3). Noi încercăm să nu avem diferiți parametri de rotație pe axele x și y, deoarece acest lucru ar duce la imagine răsucită. Liniile 5 și 6 sunt auto-explicative, ele reprezintă coordonatele x și y ale centrului primului pixel din stânga de sus de pe imagine (Imaginea nr. 10).



Imaginea nr. 10: Parametrii liniilor 5 și 6 în fișierul World, reprezentați printr-un punct roșu

Secțiunea nr. 6. Antetul fișierului cu imaginea (metadata)

36. Contrar metodei fișierului World de stocare a informației spațiale, unele formate pot stoca informația spațială în antetele lor (la începutul fișierului înainte de orice informație cu pixeli). Acest mod este preferat dacă formatul fișierului permite acest lucru. De exemplu, formatul de fișier JPEG nu permite să stochezi astfel de informație, pe când formatul TIFF permite. Fișierul TIFF cu antetele fișierului de imagine care conține definirea sistemului de coordonate și informația spațială este denumit GeoTIFF. Toate aplicațiile GIS și CAD au capacitatea de a citi antetele fișierelor de imagini și respectiv, un fișier auxiliar.

37. World nu este necesar atunci când formatul GeoTIFF este utilizat.

```

File Edit View Search Terminal Help
~/data/temp075 gdalinfo 5-17-4-105-9.tif
Driver: GTiff/GeoTIFF
Files: 5-17-4-105-9.tif
Size is 6000, 4000
Coordinate System is:
PROJCS["NTRS96 / Croatia TM",
  GEOGCS["NTRS96",
    DATUM["Croatian_Terrestrial_Reference_System",
      SPHEROID["GRS 1980",6378137,298.257222101,
        AUTHORITY["EPSG","7019"]],
      TOWGS84[0,0,0,0,0,0,0],
      AUTHORITY["EPSG","0701"]],
    PRIMEM["Greenwich",0,
      AUTHORITY["EPSG","8901"]],
    UNIT["degree",0.0174532925199433,
      AUTHORITY["EPSG","9122"]],
    AUTHORITY["EPSG","4701"]],
  PROJECTION["Transverse_Mercator"],
  PARAMETER["Latitude_of_origin",0],
  PARAMETER["central_meridian",16.5],
  PARAMETER["scale_factor",0.9999],
  PARAMETER["false_easting",500000],
  PARAMETER["false_northing",0],
  UNIT["metre",1,
    AUTHORITY["EPSG","9001"]],
  AXIS["Easting",EAST],
  AXIS["Northing",NORTH],
  AUTHORITY["EPSG","3765"]]
Origin = (458000.0000000000000000,5074000.0000000000000000)
Pixel Size = (0.5000000000000000,-0.5000000000000000)
Metadata:
  AREA_OR_POINT=Area
Image Structure Metadata:
  INTERLEAVE=PIXEL
Corner Coordinates:
Upper Left ( 458000.000, 5074000.000) ( 15d57'34.75"E, 45d48'16.50"N)
Lower Left ( 458000.000, 5072000.000) ( 15d57'35.37"E, 45d47'11.72"N)
Upper Right ( 461000.000, 5074000.000) ( 15d59'53.69"E, 45d48'17.13"N)
Lower Right ( 461000.000, 5072000.000) ( 15d59'54.27"E, 45d47'12.35"N)
Center ( 459500.000, 5073000.000) ( 15d58'44.52"E, 45d47'44.43"N)
Band 1 Block=6000x1 Type=Byte, ColorInterp=Red
Band 2 Block=6000x1 Type=Byte, ColorInterp=Green
Band 3 Block=6000x1 Type=Byte, ColorInterp=Blue

```

Imaginea nr. 11: Informația spațială despre raster stocată în antetul fișierului raster

38. Așa cum putem vedea pe imagine (Imaginea nr. 11), în antet este stocată mult mai multă informație despre raster decât în fișierul World. Cel mai mare dezavantaj al fișierului World este lipsa informației despre sistemul de coordonate de referință.

Secțiunea nr. 7. Compresiile imaginilor

39. Atunci când este vorba de economisirea spațiului pe disc și capacității de citire a aplicațiilor SIG, există diferite tipuri de compresie din care se poate selecta. Noi diferentiem două tipuri de metode de compresie: cu pierderi și fără pierderi. Ambele au avantaje și dezavantaje, și nu există o metodă bună sau rea, deoarece decizia depinde de scopurile pentru care seturile respective de date vor fi utilizate.

40. Beneficiul primar al compresiei oricărei imagini constă în economisirea spațiului pe disc, însă această economisire are un preț. Noi nu putem reduce ușor dimensiunea imaginii fără a sacrifica ceva. Putem avea pierdere de date (compresia cu pierderi) sau reducere a vitezei de citire (compresie fără pierderi). Pentru ambele tipuri de compresie există beneficii dacă datele raster sunt citite prin intermediul rețelei. În acest caz, orice metodă de compresie este recomandată, deoarece micșorează cantitatea de date ce este transferată prin rețea, însă, în general, utilizarea compresiei depinde de tipul de date ce urmează a fi supuse compresiei. În majoritatea cazurilor, este mai bine să se aplice metoda compresiei (cel puțin cea fără pierderi) decât să se salveze imaginile în formatul brut, indiferent de dezavantaje.

41. Metodele de compresie cu pierderi sunt cele considerate uni-direcționale. Ce înseamnă acest lucru? Acest lucru înseamnă că dacă comprimați datele cu metoda respectivă, nu veți putea niciodată decompresa datele înapoi în forma originală fără a pierde careva date în proces. Deși practica pare a fi una deloc bună, această pierdere de date este destul de mică pentru rasterelor ce sunt utilizate doar pentru interpretare vizuală. De exemplu - ortofoto digitală sau uneori pentru hărți scanate ce sunt utilizate drept date de fundal. Beneficiul acestor metode de compresie constă în suprafața radical de mică a datelor pe disc (datorită acestui lucru – consumul de lățime de bandă a rețelei este mai redus) și trebuie să fie aplicate doar pentru seturile de date raster care nu sunt utilizate la stocarea datelor concrete. De exemplu, compresia cu pierderi nu se va utiliza la stocarea rasterelor care conțin elevație, temperaturi, rezultate ale clasificărilor, etc., însă ar putea fi utilizată pentru ortofoto digitală fără careva pierderi semnificative de date. Cele mai frecvent folosite metode de compresie cu pierderi sunt JPEG și ECW.

42. JPEG este o metodă destul de răspândită de compresie cu pierderi, însă puteți comprima doar trei rastere pe bandă (de exemplu – raster RGB) și nu este aplicabilă pentru banda ”alpha”, lucru care este foarte important în rasterelor SIG. A doua metodă de compresie a imaginilor – ECW – este comercială și poate fi utilizată doar

în anumite aplicații (Imaginea nr. 12).

Compression Method	File Size
Uncompressed Tiff	293 MB
Jpeg Compressed Tiff (default + photometric)	21 MB
JPEG2000 (default options)	73 MB

Tiff format	293,048 kb
ECW format	11,515 kb

Imaginea nr. 12: Eficiența metodelor de compresie cu pierderi (URL 10)

43. Metodele de compresie fără pierderi sunt cele bi-direcționale. Acest lucru înseamnă că, dacă comprimați datele cu ajutorul acestor metode, ele pot fi ușor decomprimate înapoi în forma lor originală, fără careva pierderi de date în proces. De exemplu, compresia ZIP este deseori utilizată la arhivarea documentelor de oficiu, ea reprezintă o metodă de compresie fără pierderi. Puteți arhiva și dezarhiva cu ZIP orice fișier, și deschide aceste arhive fără careva probleme. Dacă ZIP ar fi o compresie cu pierderi, atunci fișierele dezarhivate ar fi deteriorate. Apare întrebarea, de ce ar utiliza cineva compresie cu pierderi atunci când compresia fără pierderi poate fi ușor selectată? Răspunsul vizează dimensiunea imaginii pe disc și viteza transferului în rețea. Diferența de dimensiune între metodele de compresie cu pierderi și fără pierderi și imaginea brută poate fi uneori și de 10 ori mai mare. În SIG noi deseori utilizăm rastere foarte mari și, respectiv, se recomandă a utiliza metoda adecvată de compresie. Metodele de compresie fără pierderi sunt mult mai des utilizate în SIG și ar trebui să fie luate în considerație pentru toate rasterele, cu excepția celor utilizate doar pentru interpretare vizuală, așa ca ortofoto digitală sau orice rastere ce nu vor fi utilizate la procesare ulterioară. Unele metode de compresie fără pierderi sunt: LZW, deflate, packbits, JPEG (cu 100% calitate).

Compression Method	File Size
Uncompressed Tiff	293 MB
Packbits	294 MB
LZW	179 MB
Deflate	162 MB
JPEG2000 (Lossless)	167 MB
JPEG quality 100 Tiff	158 MB

Imaginea 13: Eficiența metodelor de compresie fără pierderi (URL 10)

44. Deși JPEG are o compresie mai bună decât LZW (Imaginea nr. 13), JPEG nu este recomandabil din cauză limitării numărului de benzi (doar 3 benzi, plus nu există bandă alfa).

Metoda de compresie LZW este cea mai recomandată metodă în majoritatea cazurilor.

Secțiunea nr 8. Formatele fișierelor (GeoTIFF)

45. Fișierele cu imagini utilizate pentru stocarea hărților digitalizate sau vechi, imaginile de satelit și aeriene (ortofoto digitală) pot veni într-o varietate de formate. Pe parcursul anilor, au fost utilizate mai multe formate, însă recent formatul GeoTIFF este cel mai utilizat în majoritatea cazurilor în domeniul GIS.

46. GeoTIFF este un standard definit de Open Geospatial Consortium (OGC). GeoTIFF se bazează pe formatul TIFF (Tagged Image File Format) și este utilizat în calitate de format de inter-schimb pentru imagini raster georeferențiate. În general, TIFF este unul din formatele cel mai des întâlnite și cel mai flexibile în fișierele actuale din domeniul public (Zhang and Gourley, 2009). Este un format container, dar nu un format de codificare unică (așa ca JPEG), pentru stocarea tuturor tipurilor de rastere. Poate lucra cu rastere și date multiple într-un singur fișier, fără careva probleme. Formatul de fișier TIFF permite diferite tipuri de compresie (JPEG, LZW, deflate ...) și spații de culori (CMYK, YCbCr).

47. Principalul avantaj al fișierelor GeoTIFF este faptul că acesta este un format foarte flexibil și independent de orice platforme, care se regăsește la numeroase aplicații SIG și CAD (plus multe altele). TIFF devine GeoTIFF atunci când adăugăm informație georeferențiată (spațială) la fișier. Extensia TIFF se notează cu *.tif sau *.tiff și nu există diferență de extensie între GeoTIFF și TIFF, ele reprezintă același format.

48. GeoTIFF poate utiliza compresie cu pierderi sau fără pierderi, sau poate lucra și fără compresie în general.

49. Formatul de fișier GeoTIFF este folosit pe larg pe tot globul. În comunitatea open-source (Geospatial Data Abstraction Library (GDAL)), formatul dat se bucură de multă susținere în softuri și aceeași situație se întâlnește și în aplicațiile GIS comerciale sau aplicațiile de analizare a datelor spațiale. De asemenea, recent s-a făcut actualizarea specificațiilor cu Cloud Optimized GeoTIFF (COG), care este utilizat pentru o distribuire mai ușoară a imaginilor raster în rețele.

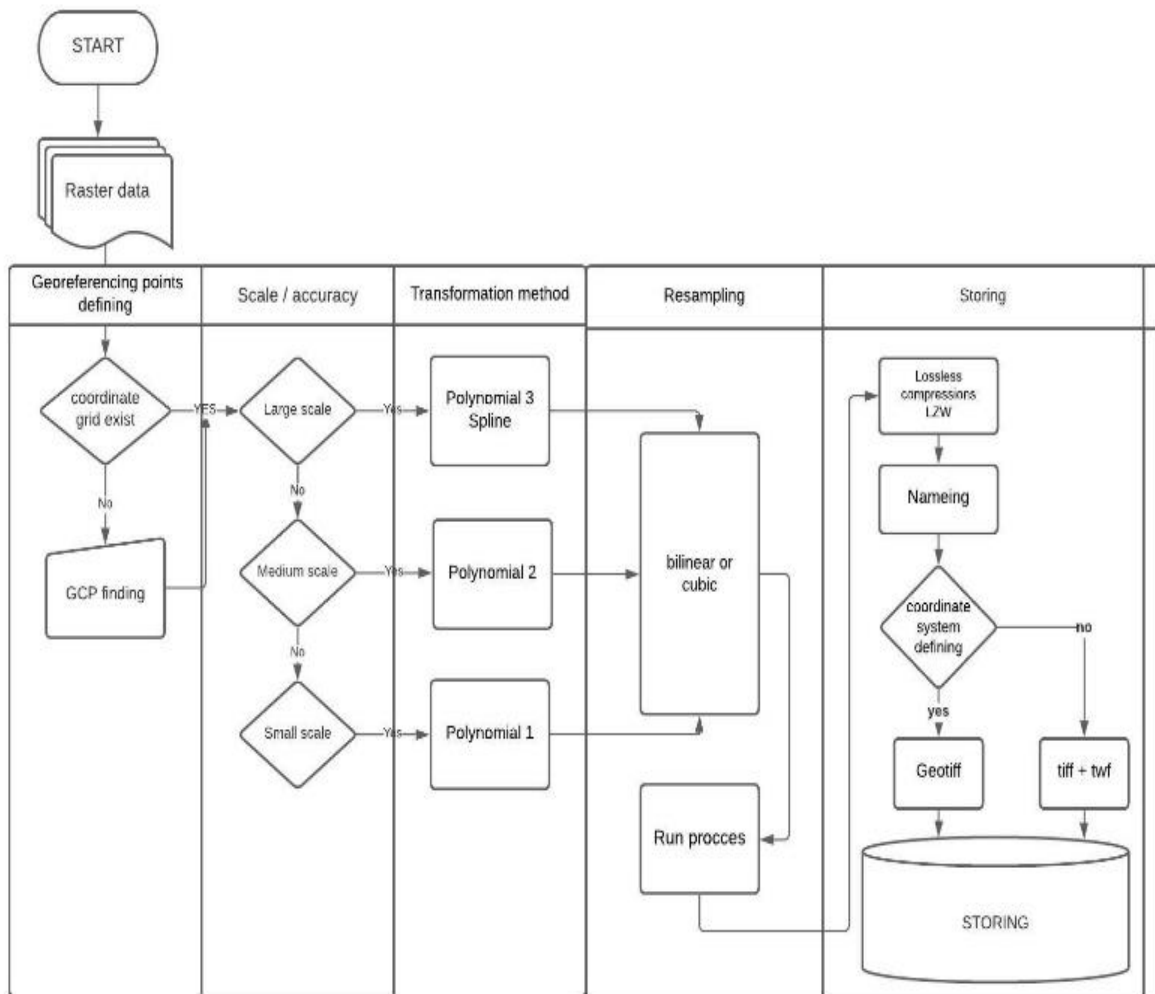
50. Nu există multe restricții/limitări ale GeoTIFF, cu excepția faptului că nu este potrivit pentru stocarea structurilor de date complexe multi-dimensionale. În astfel de cazuri, se vor utiliza formate mai potrivite, așa ca HD5 sau netCDF. De asemenea, formatul imaginii nu este susținut pe larg de motoarele web de căutare

(deși nici nu este prevăzut pentru astfel de scopuri). GeoTIFF este formatul de fișier propus pentru stocarea oricărui raster, cu excepția cazurilor rare menționate mai sus.

51. În cazul în care nu se folosesc fișiere indexate (tabele cu culori), atunci alte formate (jpg, jgw) sunt acceptabile.

IV. DESCRIEREA ETAPELOR ÎN PROCESUL DE GEOREFERENȚIERE

52. La această secțiune, este descris pas cu pas fluxul de lucru al procesului de georeferențiere, în conformitate cu imaginea nr.15:

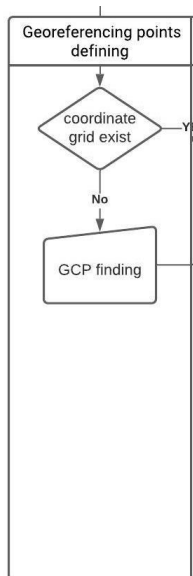


Imaginea nr. 14: Diagrama fluxului de lucru – georeferențierea

Secțiunea nr 1. Definirea punctelor de georeferențiere

53. Prima sarcină constă în definirea Punctelor de control pe teren.

54. Dacă este o hartă standard, atunci se obișnuiește a face georeferențierea pe baza grilei de coordonate. Din acest considerent, este foarte important a găsi și a citi metadatele existente, în special dacă pe datele raster este definit un sistem de coordonate de referință și în special atunci când există mai multe sisteme de coordonate de referință.



55. În acest scop, în conformitate cu scara originală a hărții, este necesar de a defini numărul de Puncte de control pe teren.

56. În primul rând, acest lucru depinde de scara originală a reprezentării cartografice. Punctele trebuie să fie plasate uniform, pentru acest lucru se va utiliza un șablon sau un cadru de hartă cu dimensiuni ideale.

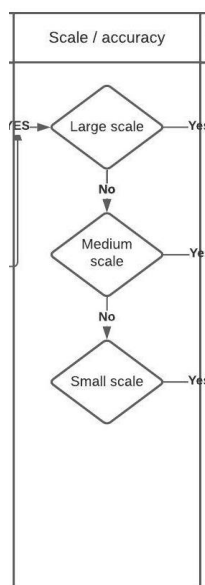
57. În cazul în care grila de coordonate nu există, obiectele topografice proeminente vor fi utilizate pentru definirea punctelor.

58. Noi putem defini puncte în baza unei hărți la scară mai mare sau la aceeași scară ca și originalul.

59. La selectarea detaliilor (Puncte de control pe teren), se vor lua în considerație scara și metoda de generalizare a hărții în baza căreia se face comparația.

60. Pentru hărțile la scară medie sau mică, se recomandă a utiliza obiecte ce sunt definite prin simboluri - puncte. Pentru hărțile la scară mare, pot fi utilizate detalii așa ca: marginile clădirilor, detalii topografice definite prin simboluri - puncte, puncte marcate pe drum etc.

Secțiunea nr 2. Definirea scării hărții și a preciziei



61. Gradația preciziei scării este necesară pentru definirea numărului de Puncte de control pe teren necesare. Următoarea propunere se bazează pe experiența de georeferențiere a hărților oficiale din cadrul Administrației Geodezice de Stat din Croația:

1) Datele la scară mare sunt hărțile și planurile până la 1 : 10.000 precizie $\leq \pm 2$ m

minim 10 Puncte de control pe teren sunt necesare,

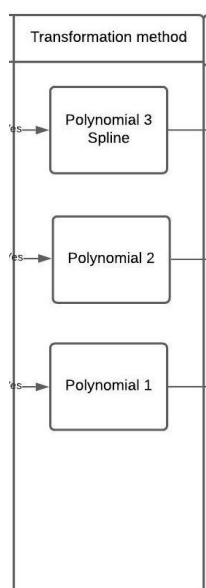
2) Datele la scară medie sunt hărțile până la 1 : 50.000 (± 10 m) ± 2 m < precizia $\leq \pm 10$ m

de la 6 la 10 Puncte de control pe teren sunt necesare.

3) Datele la scară mică constituie toate scările mai mici decât 1 : 50.000 ± 10 m < precizia < -----

62. Până la 6 Puncte de control pe teren sunt necesare.

Secțiunea nr 2. Metoda de transformare



63. În dependență de precizie și scară, fiecare hartă urmează a fi transformată, utilizând diferite metode de transformare.

64. La fel ca și în capitolul 4.2, următoarea propunere se bazează pe experiența de georeferențiere a hărților oficiale din cadrul Administrației Geodezice de Stat a Croației:

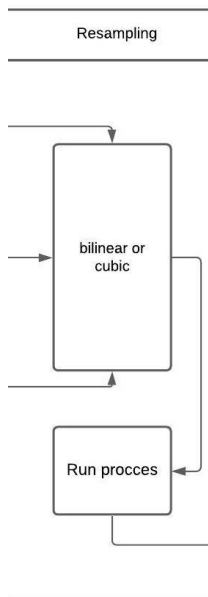
1) Pentru hărțile la scară mare: polinomială 3 și transformarea spline;

2) Pentru hărțile la scară medie: polinomială 2 și

3) Pentru hărțile la scară mică: polinomială 1.

65. Pentru transformarea spline, se propune metodologia de deformare - **Rubber sheeting**.

Secțiunea nr 4. Metoda de re-eșantionare / georeferențiere



66. În baza experienței cu activitățile de georeferențiere din trecut și ținând cont de viteza de procesare și capacitatea de procesare HW, se recomandă metodele de re-eșantionare biliniară sau cubică.

67. Georeferențierea poate fi făcută, utilizând softuri comerciale sau necomerciale (open-source).

68. Avantajele utilizării softurilor comerciale sau open-source sunt bine cunoscute:

69. Softurile open-source asigură costuri reduse de mentenanță/achiziție, însă documentația bună și instrucțiunile utilizatorilor lipsesc; în plus, interfețele nu sunt atât de prietenoase utilizatorilor. Pe când, programele comerciale oferă îndrumări bune și interfețe prietenoase utilizatorilor, însă prețul pentru achiziția acestor softuri are uneori o importanță semnificativă în implementarea proiectelor.

Secțiunea nr 4. Stocarea datelor

70. Se recomandă a utiliza compresia fără pierderi LZW pentru fișierele de imagini.

71. Fișierele vor fi denumite într-un mod unic, însă se va atrage atenție ca denumirile să fie logice. Nu există reguli speciale atunci când se atribuie denumiri, dar este bine ca denumirea să aibă asociere imediată cu: instituția, tipul de date, precum și să fie unică.

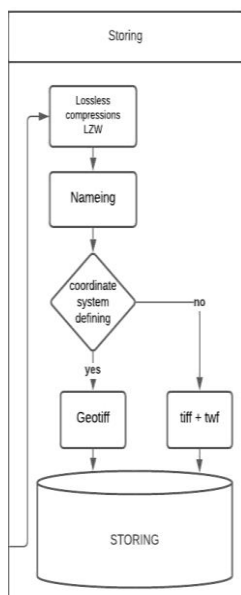
72. Pentru definirea sistemului de coordonate, se recomandă a utiliza sistemul de coordonate cu care a fost făcută reprezentarea cartografică. Respectiv, transformarea într-un alt sistem de coordonate trebuie să se facă automat.

73. Se recomandă utilizarea GeoTIFF, deoarece acest format susține:

- 1) Diferite compresii (jpeg, lzw ...)
- 2) Diferite profunzimi ale imaginii (4bit, 8bit, 16bit ...)
- 3) Diferite benzi și tabele de culori
- 4) Privire generală (eng - overview)
- 5) Stratificare (eng – tiling)

74. În plus, GeoTIFF este un standard deschis și toate aplicațiile SIG și CAD susțin acest standard.

75. În cazul în care GeoTIFF nu este disponibil, se recomandă a utiliza TIFF + fișier world (twd).



V. SUPTOR DE SOFTWARE PENTRU GEOREFERENȚIERE

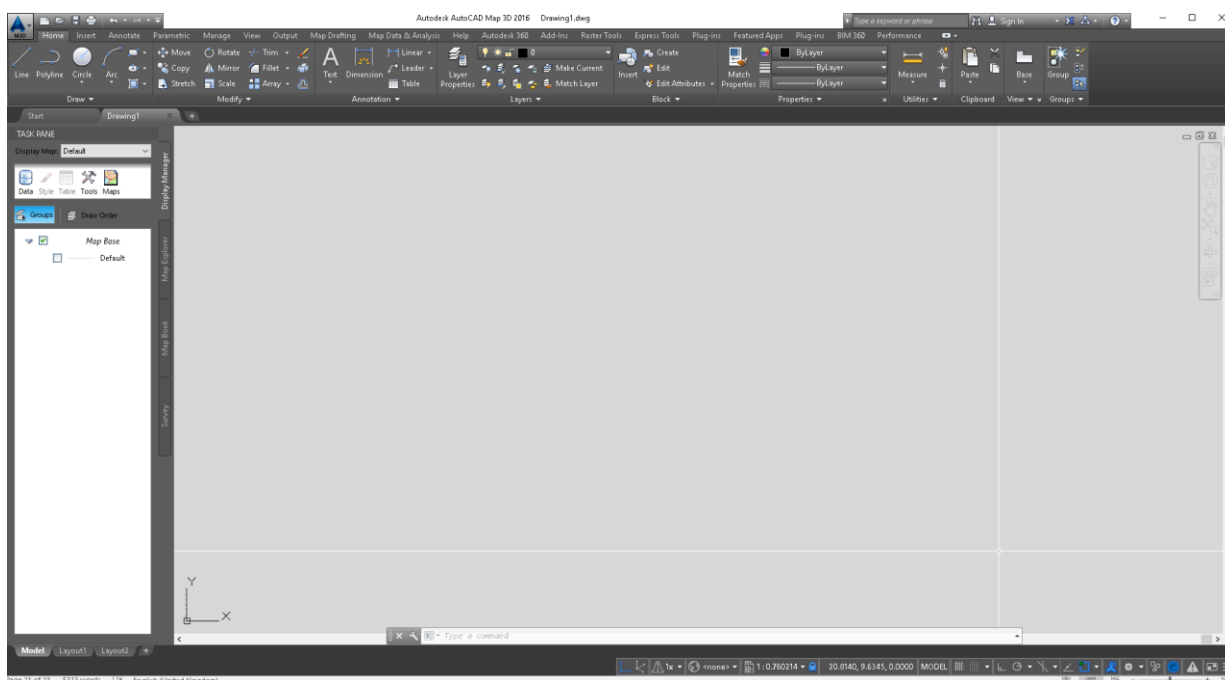
76. Așa cum am menționat mai sus, programele open-source dispun de careva avantaje, așa ca costuri reduse de achiziție/mentenanță, însă uneori documentația și materialele de instruire lipsesc. De altfel, softurile comerciale/patentate oferă îndrumări bune și interfețe prietenoase utilizatorilor, însă prețul pentru achiziția acestor softuri are uneori o importanță semnificativă în implementarea proiectelor. Pe piață, există câteva aplicații ce pot fi utilizate pentru georeferențiere. Unele din ele sunt AutoCAD Raster Design (patentat), MicroStation (patentat), ArcGIS (patentat), QGIS (open-source) sau GDAL (open-source).

Secțiunea nr 1. AutoCAD

77. AutoCAD Raster Design este o extensie a aplicației standard AutoCAD, care permite manipularea extensivă a unei imagini raster în cadrul unei aplicații selectate AutoCAD. AutoCAD Raster Design este disponibil sub formă de extensie pentru Autodesk Architecture, Engineering & Construction Collection, AutoCAD®, AutoCAD® Architecture, AutoCAD® Electrical, AutoCAD® Mechanical, AutoCAD® P&ID AutoCAD® Civil și Civil 3D, AutoCAD® Map 3D, AutoCAD® MEP și Autodesk® Topobase™.

78. Modul de prezentare a interfeței utilizatorului AutoCAD nu diferă cu nimic de softul comercial standard CAD (Imaginea nr. 16).

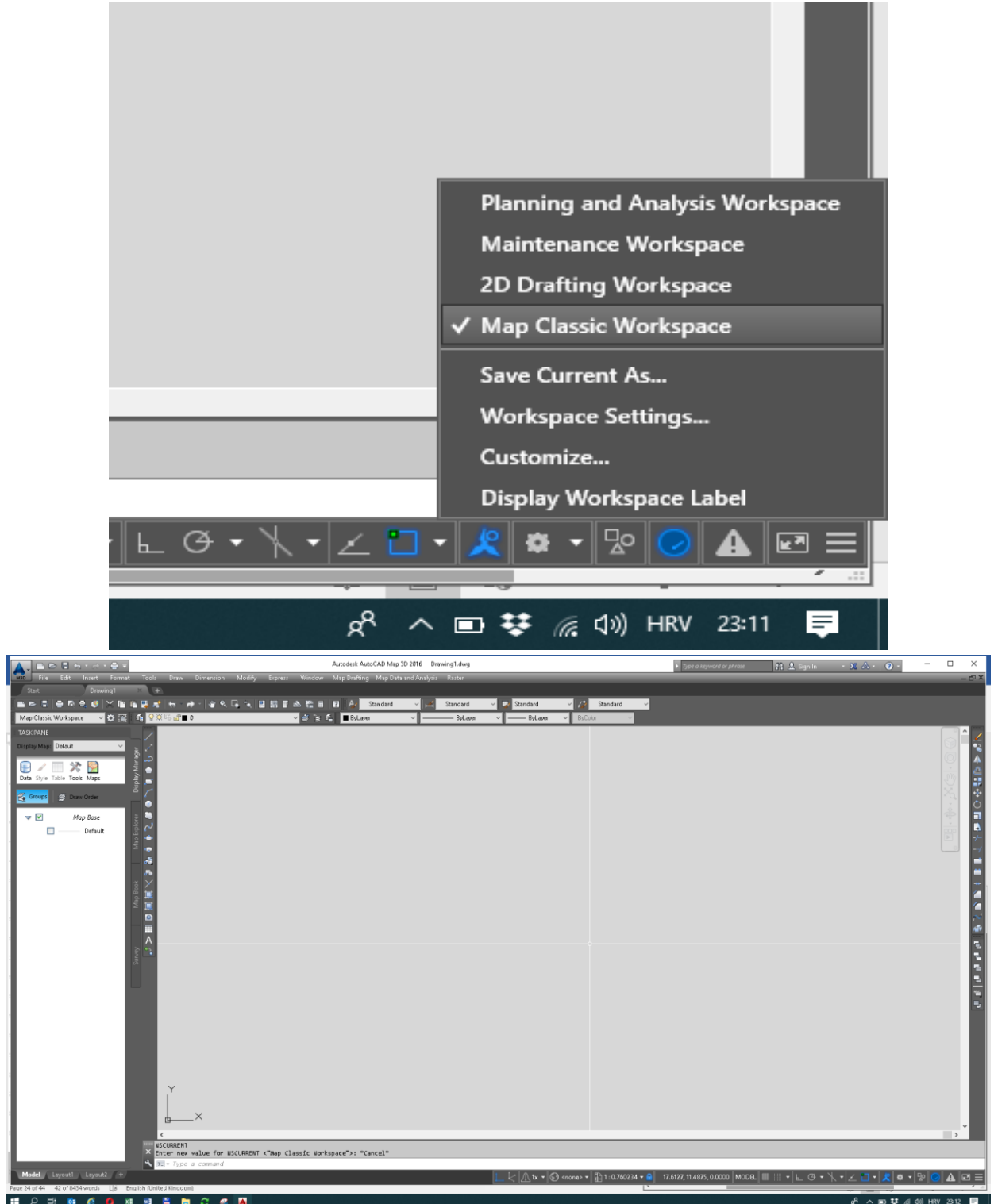
79. În partea de sus pot fi găsite meniuri cu opțiuni de alegere (eng: drop-down menus) pentru a selecta un grup de instrumente așa ca Fișier, Editare ... și mai jos de acestea pot fi găsite alte funcții și instrumente CAD.



Imaginea nr. 15: Interfața default a utilizatorului AutoCAD

80. AutoCAD este un soft cu tradiții foarte lungi și mulți dintre utilizatorii AutoCAD nu sunt obișnuiți cu interfața nouă modernă a utilizatorilor. Din acest considerent, AutoCAD are posibilități de a modifica prezentarea vizuală a interfeței utilizatorului, pentru a arăta ca și în versiunile anterioare (Imaginea nr. 17).

81. Meniul ”Open Workspace Switching” din partea de jos a ecranului – selectați ”Map classic workspace”.



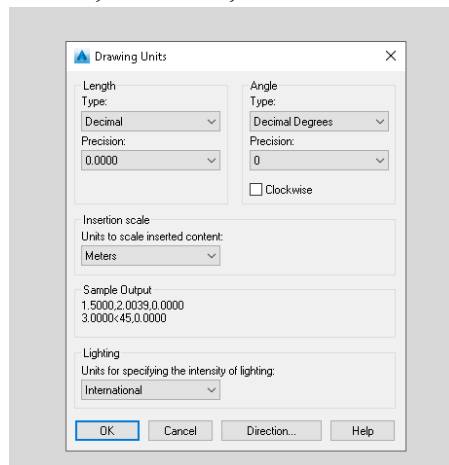
Imaginea nr. 16: Interfața clasică a utilizatorului AutoCAD

82. Procedura de georeferențiere în baza grilei de coordonate este prezentată mai jos pas cu pas:

83. Lucrări de pregătire

1) Selectarea unităților de măsură

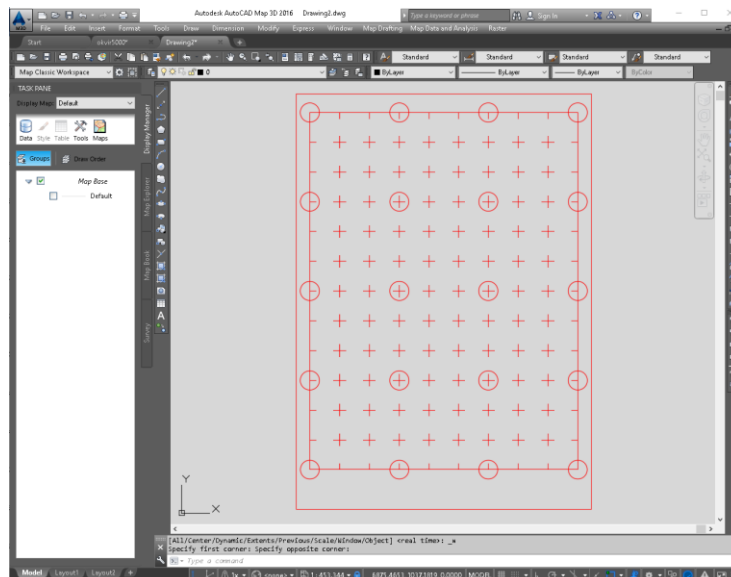
a) ”Format – Units” și selectați ”Meters”



b) Elaborarea șablonului de georeferențiere

84. De regulă se utilizează o hartă index (eng - index map) sau un cadru de hartă (eng - map frame) cu dimensiuni ideale (Imaginea nr. 18).

1) Ajustarea SW pentru o performanță mai bună a georeferențierii.

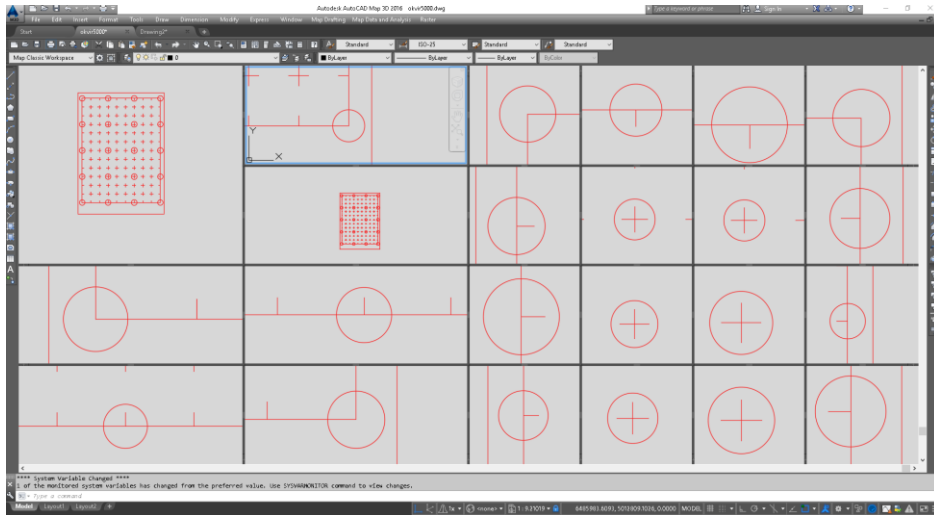


Imaginea nr. 17: Cadrul hărții potrivit pentru georeferențierea datelor de scară largă

85. În procesul de georeferențiere, cea mai importantă parte o constituie conexiunea dintre imaginea raster și punctele pre-definite din șablonul de georeferențiere. Uneori, mișcarea cursorului, direcționarea documentului în sus/jos

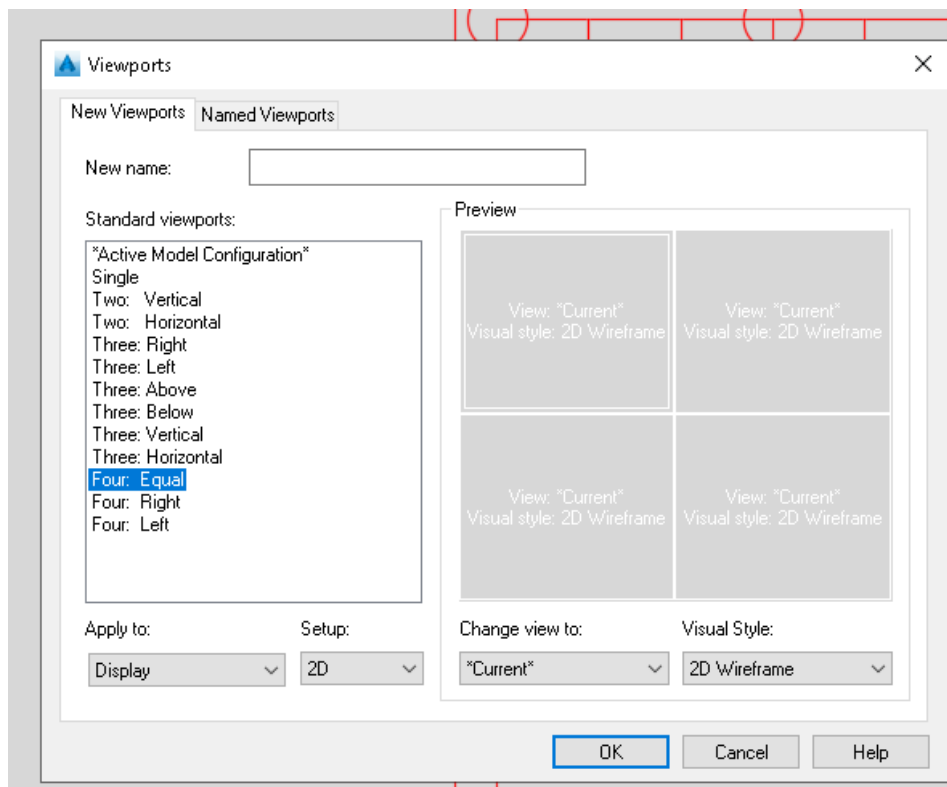
sau mărire/micșorare a imaginii (zoom in/out) pot cauza conexiuni incorecte, fiind nepotrivite pentru utilizare.

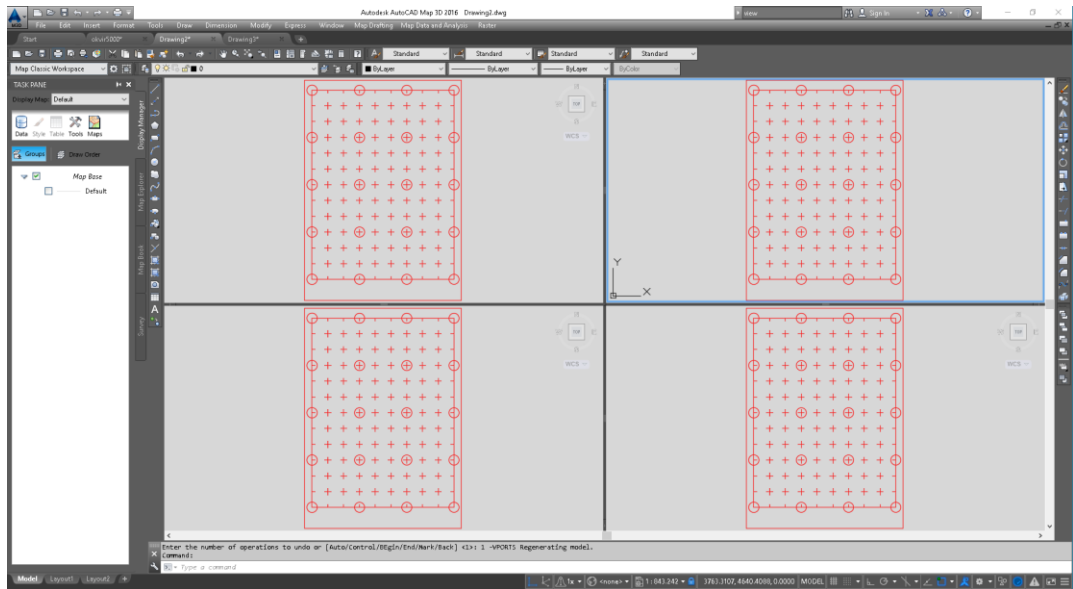
86. AutoCAD permite utilizarea ferestrelor cu multi-vizualizare în proiectul original. Această abordare poate fi foarte utilă în cazul când este necesară utilizarea mai multor puncte de control pe teren (Imaginea nr. 19).



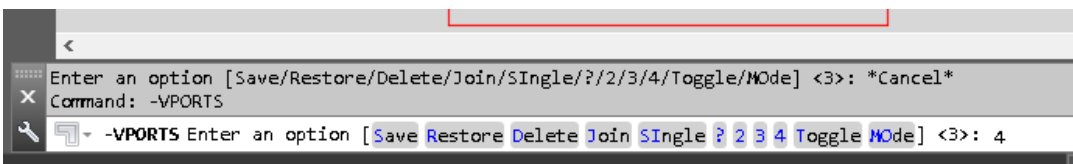
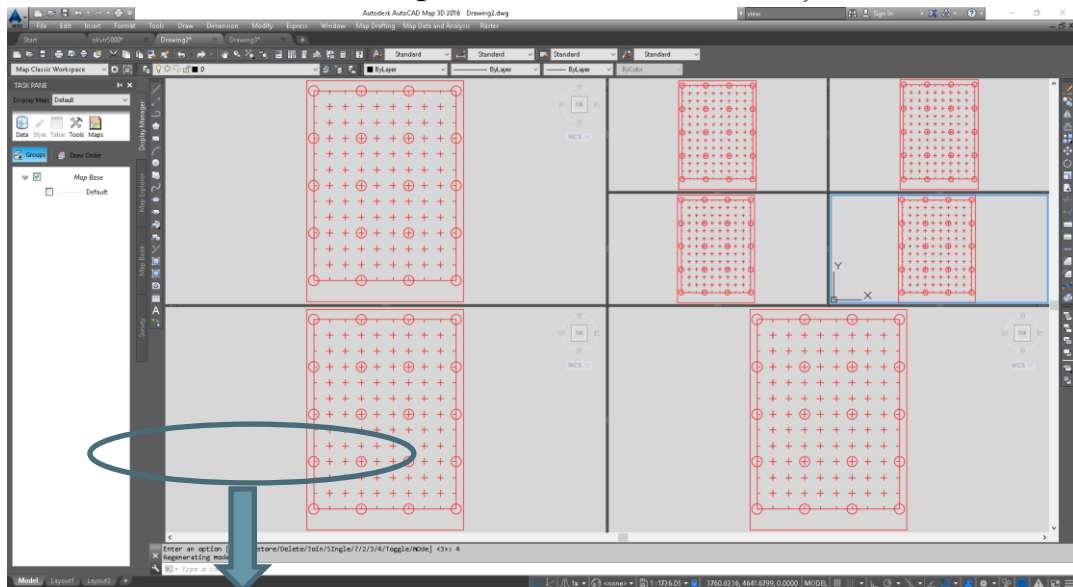
Imaginea nr. 18: Interfață individualizată a utilizatorului AutoCAD (20 puncte)

- Linia de comandă – tipul **VIEWPORT**, selectați una din opțiunile oferite.





- Fiecare fereastră de date poate fi divizată în ferestre multiple.
- Linia de comandă – tip – **VIEWPORT**, selectați **2** sau **3** sau **4**.

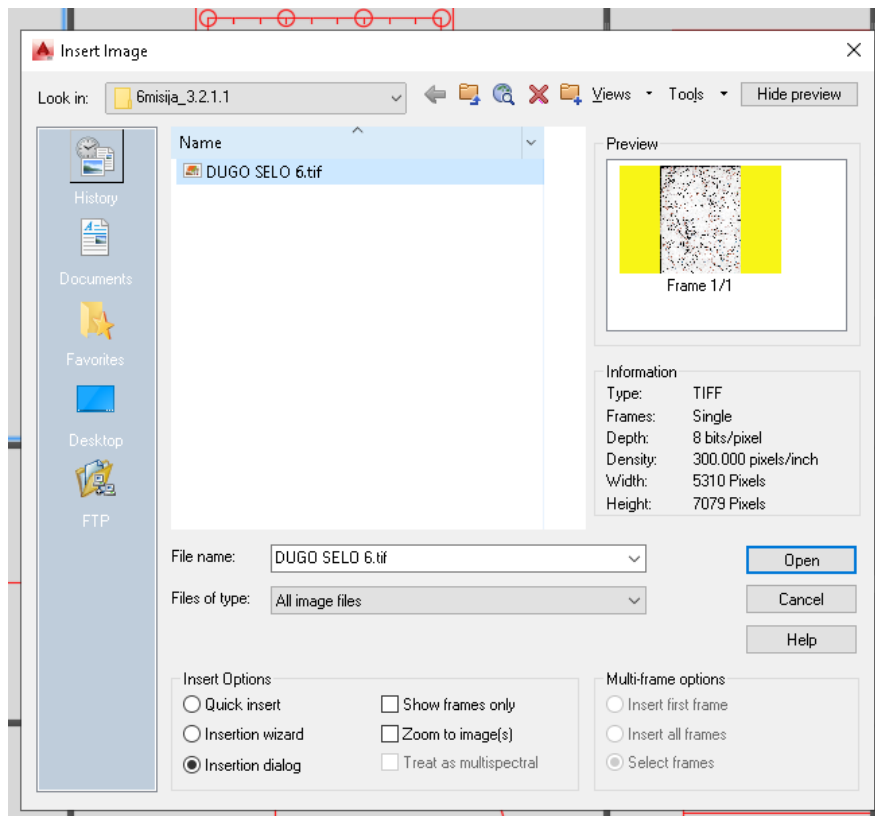


- Continuați să creați ferestre până la rezultatul final (de ex., imaginea 17).

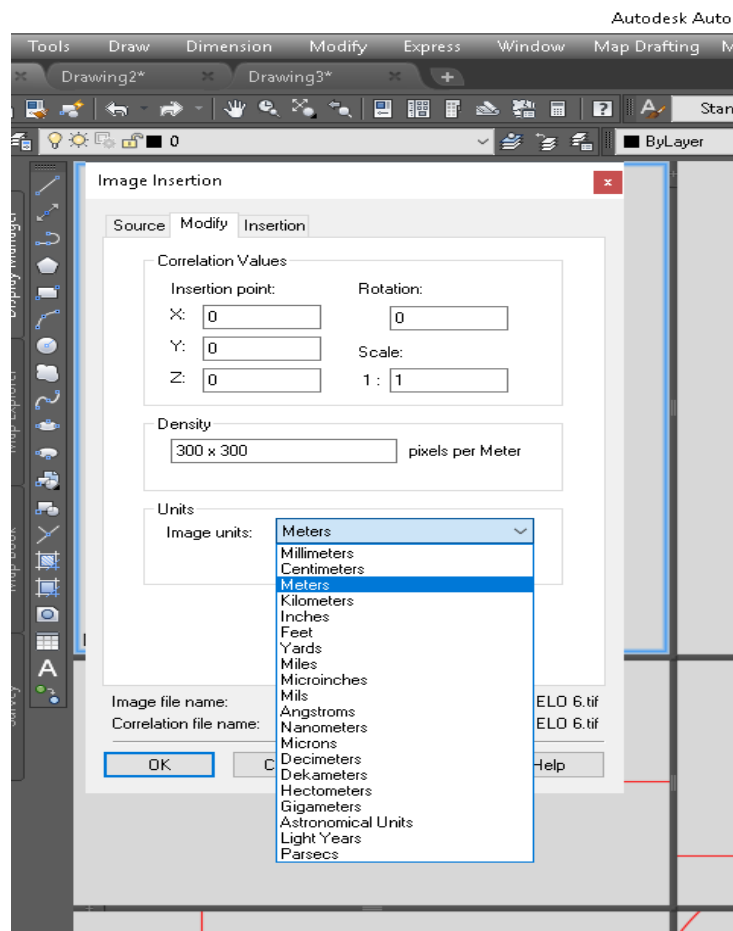
87. Procesul de georeferențiere

1) Încărcarea imaginii raster scanate

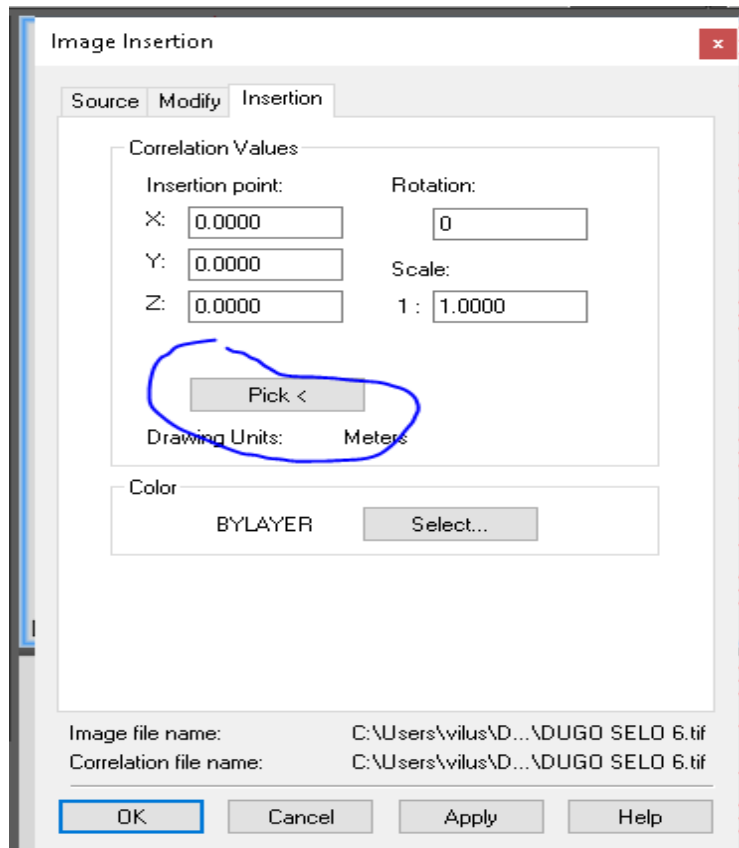
- a) Meniul cu opțiuni de alegere (Eng: drop-down menu) **Raster – Image** – selectați fișierul cu imagine și fiți siguri că selectați **Insertion dialog - Open (Deschideți)**



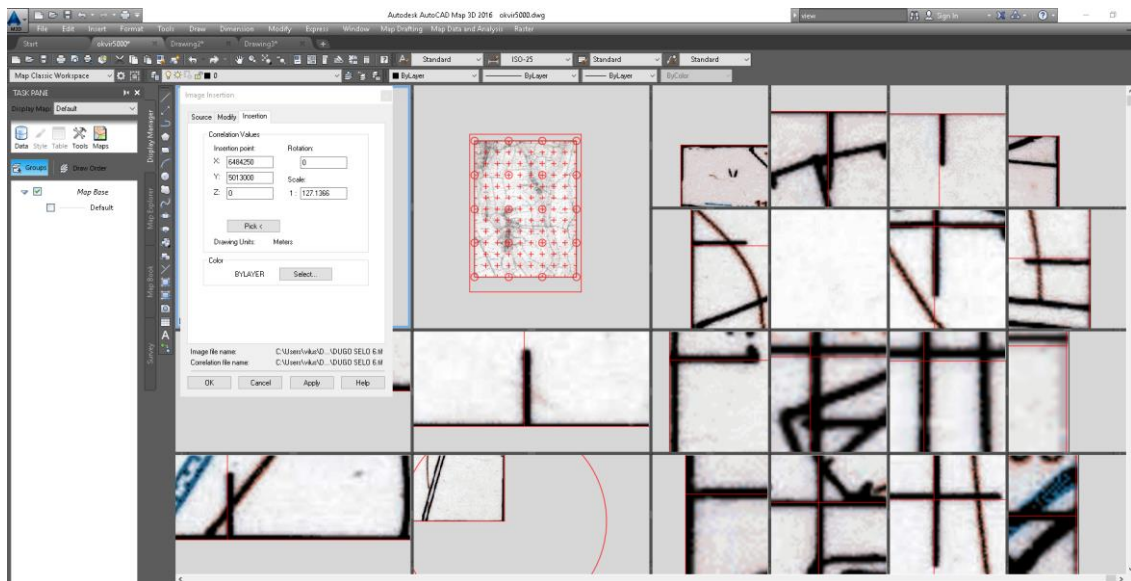
b) În tabelul cu Modificări, schimbați unitățile Imaginii în Metri.



c) În tabelul cu Inserare (Image Insertion), apăsați pe butonul **Pick**



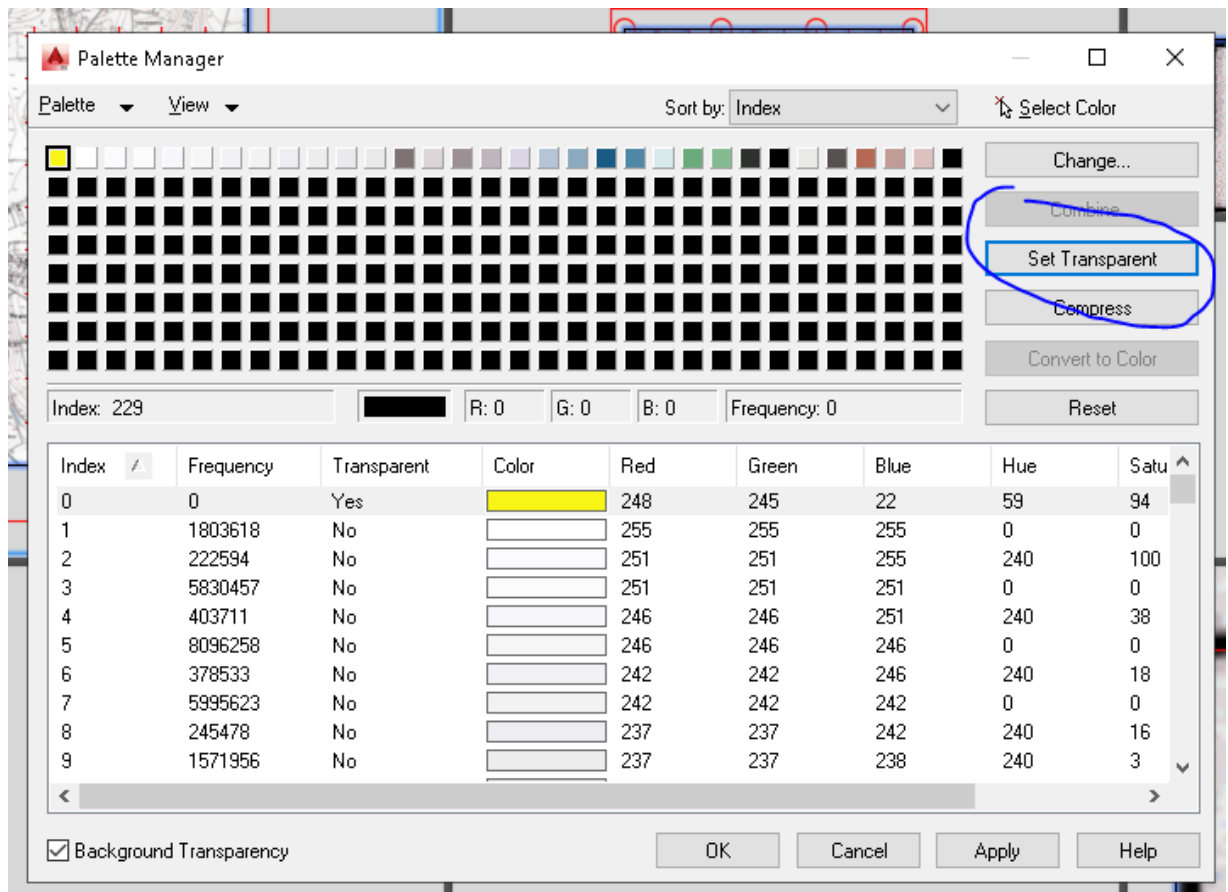
d) Pe șablonul vector, specificați punctul de bază (colțul de jos din stânga), rotația și punctul de colț, apoi apăsați OK.



2) Definirea culorii transparente

a) Acest lucru este necesar din cauza eventualei rotiri a imaginii.

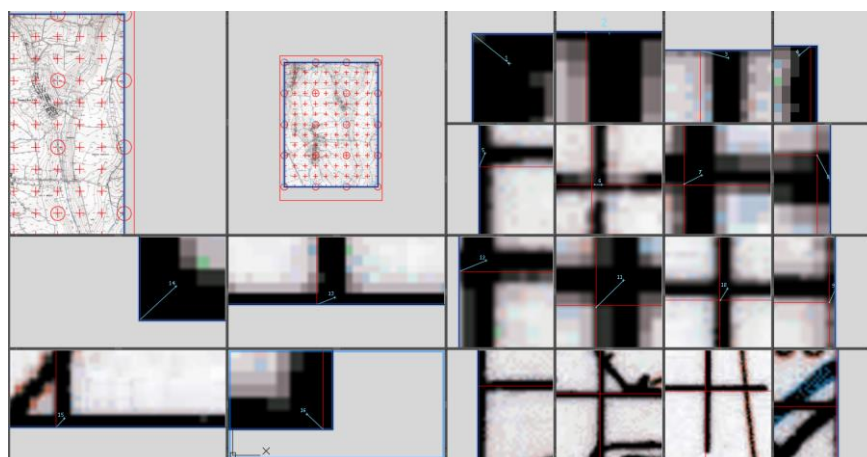
Raster – Image Processing – Palette Manager selectați Culoare Neutilizată și apăsați **Set Transparent – OK**



3) Georeferențiere

a) **Raster – Correlate – Rubbersheet** și va apărea fereastra cu punctele de control setate.

b) Prin selectarea funcției **Adaugă puncte** (Eng – **Add points**) apare posibilitatea de a avea o sursă de definiere (imaginea raster scanată) și puncte de destinație (șablonul vector).



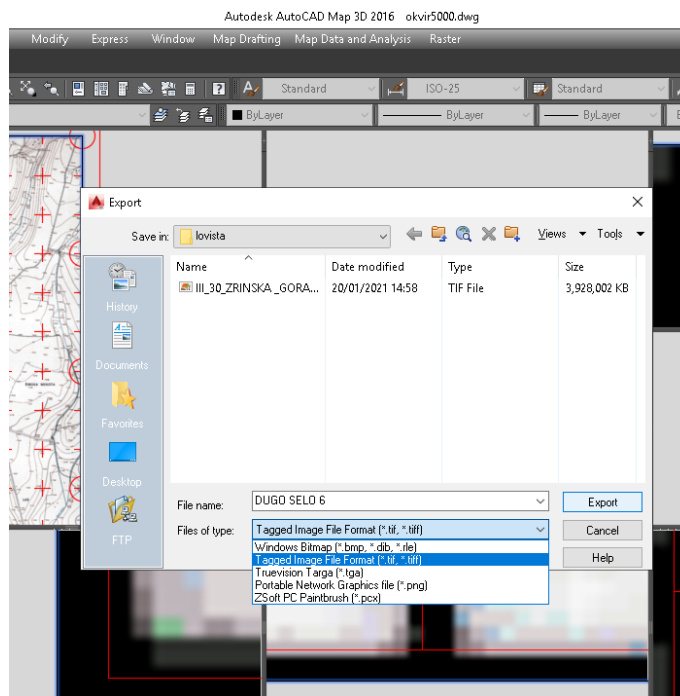
c) După selectarea ultimelor puncte, apăsați **ENTER** și va apărea fereastra cu puncte de control setate, împreună cu erorile și coordonatele punctelor sursă și

punctelor de destinație. Odată cu confirmarea, imaginea raster scanată va fi georeferențiată la dimensiuni ideale.

d) Acum trebuie să mișcăm imaginea noastră georeferențiată către coordonatele corecte, utilizând funcția **Modifică – Mișcă** (Eng – **Modify – Move**).

4) Salvarea imaginii raster georeferențiate

a) **Raster – Export - Image** selectați formatul TIF, apoi **Export**



b) Selectați **Metoda de codificare** (Eng - **Encoding method** (e.g. **LZW**) – **Organizarea Datelor** (Eng - **Data organization** (Tiled sau Stripped) – **Opțiuni de export** (Eng - **Export options** (GeoTIFF sau fișier Word) – **Desemnarea sistemului de coordonate** (Eng - **Coordinate System Assignment**) – **Finalizare** (Eng – **Finish**)

c) După aceasta, imaginea raster scanată este georeferențiată.

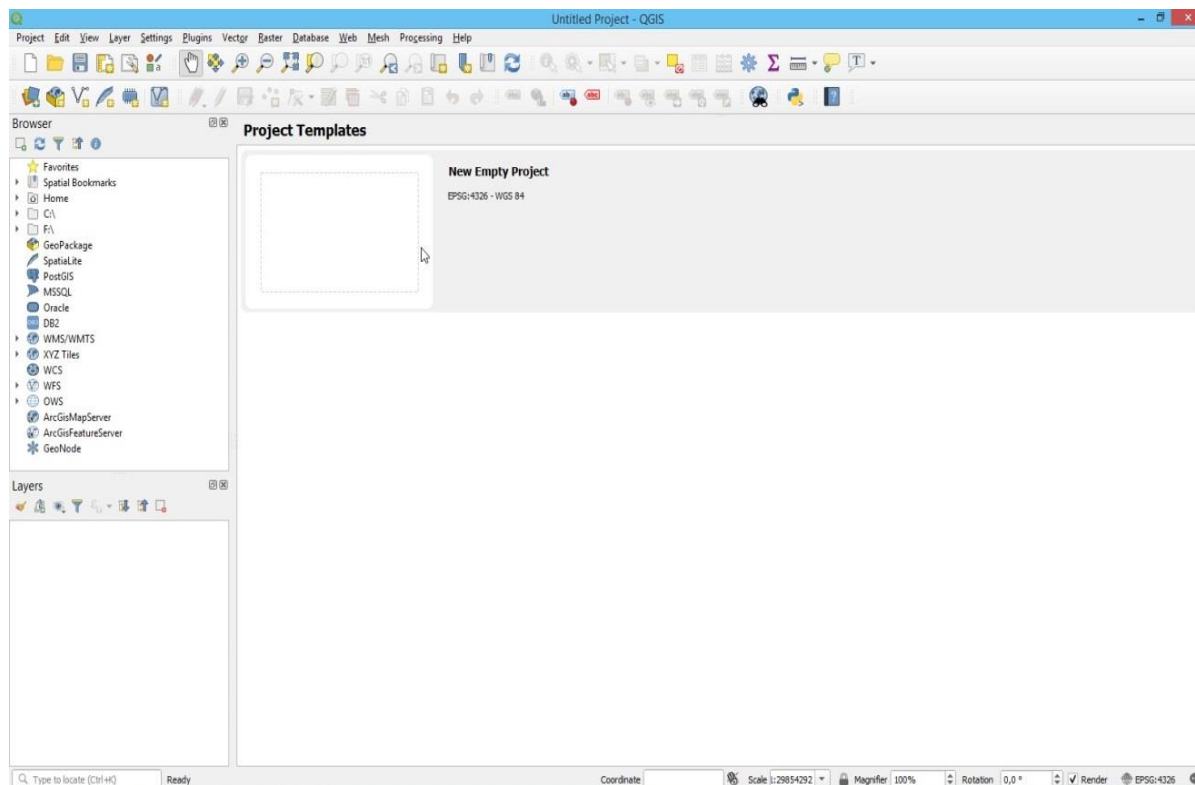
Secțiunea nr. 2. QGIS

88. QGIS (cunoscută în trecut drept "Quantum GIS") este o aplicație de sistem de informații geografice (SIG) de desktop, cu funcție de platformă comună (Eng: cross-platform) gratuită și de sursă deschisă, care permite vizualizarea, redactarea și analizarea datelor geospațiale. QGIS este una din cele mai utilizate și răspândite aplicații SIG desktop, având o vastă comunitate de utilizatori.

89. Este explicat procesul de georeferențiere pas cu pas, cu utilizarea instrumentului QGIS, folosindu-se versiunea 3.10.14 LTS (Long Term Support) a QGIS, grila de coordonate vector (cadrul hărții) și hărțile de bază scanate ale Croației (scara 1: 5000), aceleași ca și în cazul utilizării AutoCAD Raster Design.

Secțiunea nr. 3. Procesul de georeferențiere pas cu pas, cu utilizarea instrumentelor QGIS

1) Porniți QGIS

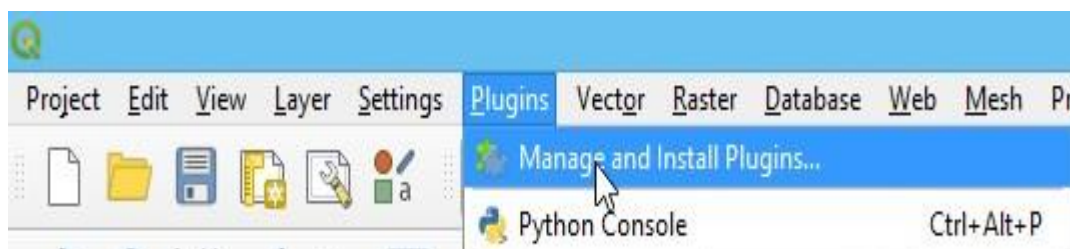


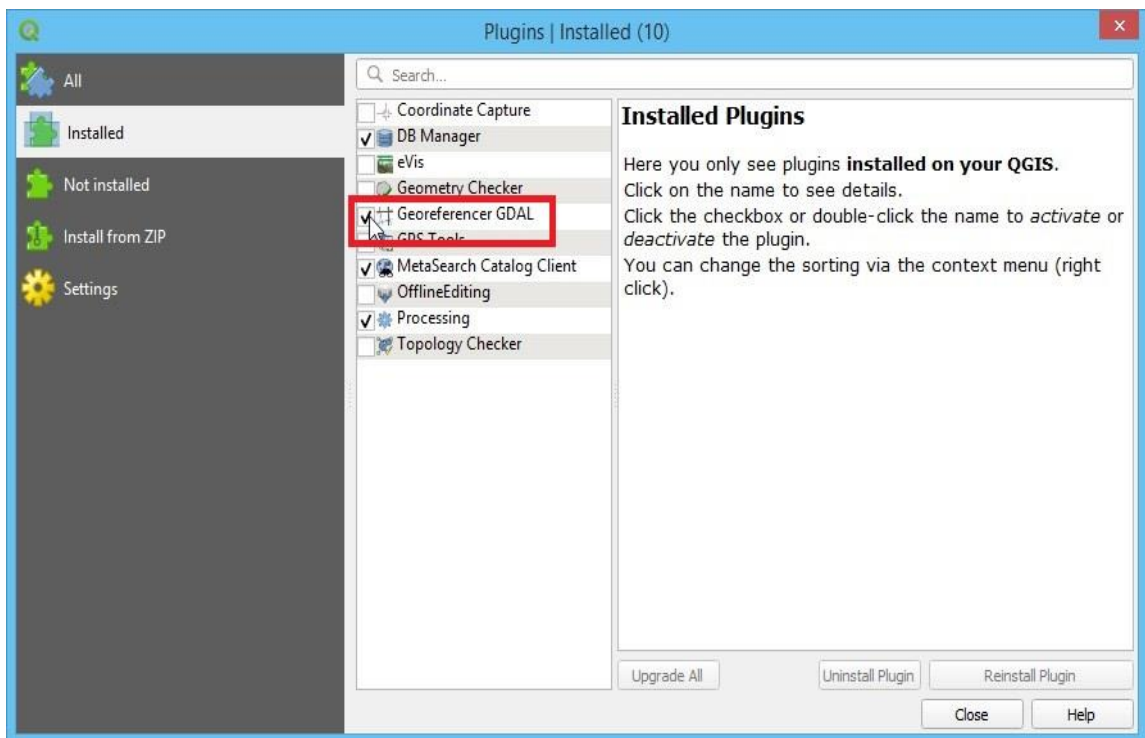
Imaginea nr. 19: Interfața default a utilizatorului QGIS 3.10.14

2) Activați instrumentul Georeferencer GDAL

Versiunile 3.10 și mai vechi ca plugin urmând pașii de mai jos, versiunile 3.22 în meniul Raster, versiunea 3.32 în meniul Straturi.

Georeferențierea în QGIS se face prin intermediul plugin-ului “Georeferencer GDAL”. Acesta este un plugin de bază (el este deja parte a instalației Dvs QGIS). Pentru a-l activa, mergeți la **Plugins - Manage and Install Plugins** și activați plugin-ul Georeferencer GDAL în tabelul cu plugin-uri instalate.





Închideți **Manage and Install Plugins** window.




















3) Pentru a porni plugin-ul Georeferencer GDAL, mergeți la **Raster – Georeferencer**

4)



4) Caracteristicile plugin-ului Georeferencer GDAL

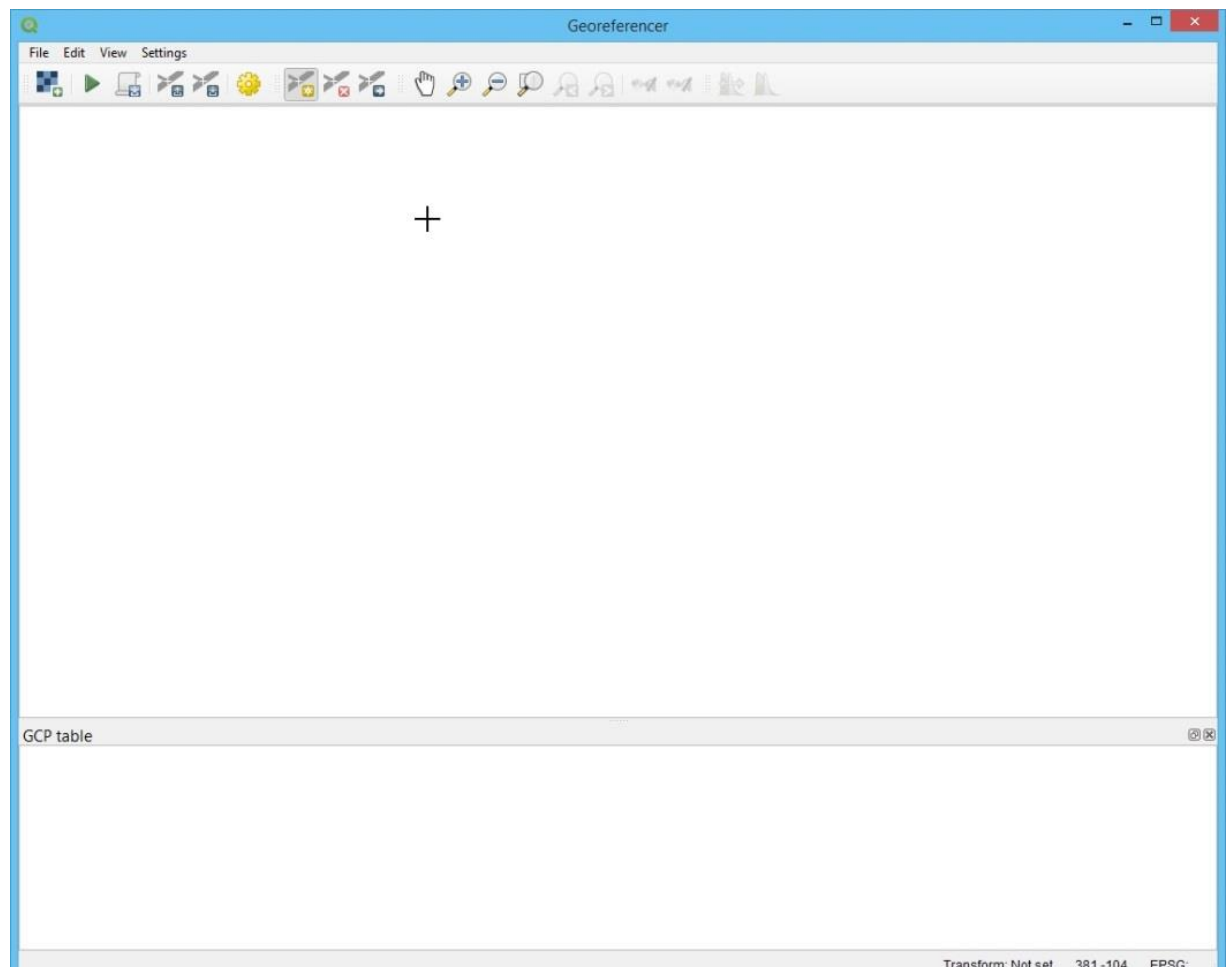
Tabelul cu caracteristicile instrumentelor Georeferencer, împreună cu explicații, este prezentat în imaginea nr. 21.

Icon	Purpose	Icon	Purpose
	Open raster		Start georeferencing
	Generate GDAL Script		Load GCP Points
	Save GCP Points As		Transformation settings
	Add Point		Delete Point
	Move GCP Point		Pan
	Zoom In		Zoom Out
	Zoom To Layer		Zoom Last
	Zoom Next		Link Georeferencer to QGIS
	Link QGIS to Georeferencer		Full histogram stretch
	Local histogram stretch		

Imaginea nr. 21: Caracteristicile Instrumentelor de Georeferențiere (Georeferencer Tools) - (URL 11)

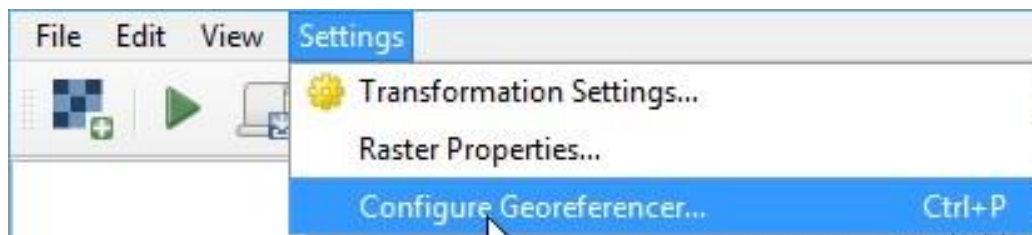
5) Fereastra plugin-ului Georeferencer GDAL

Fereastra plugin-ului constă din două secțiuni: secțiunea de sus (unde este prezentat raster-ul actual) și secțiunea de jos (unde există tabelul cu punctele de control pe teren).

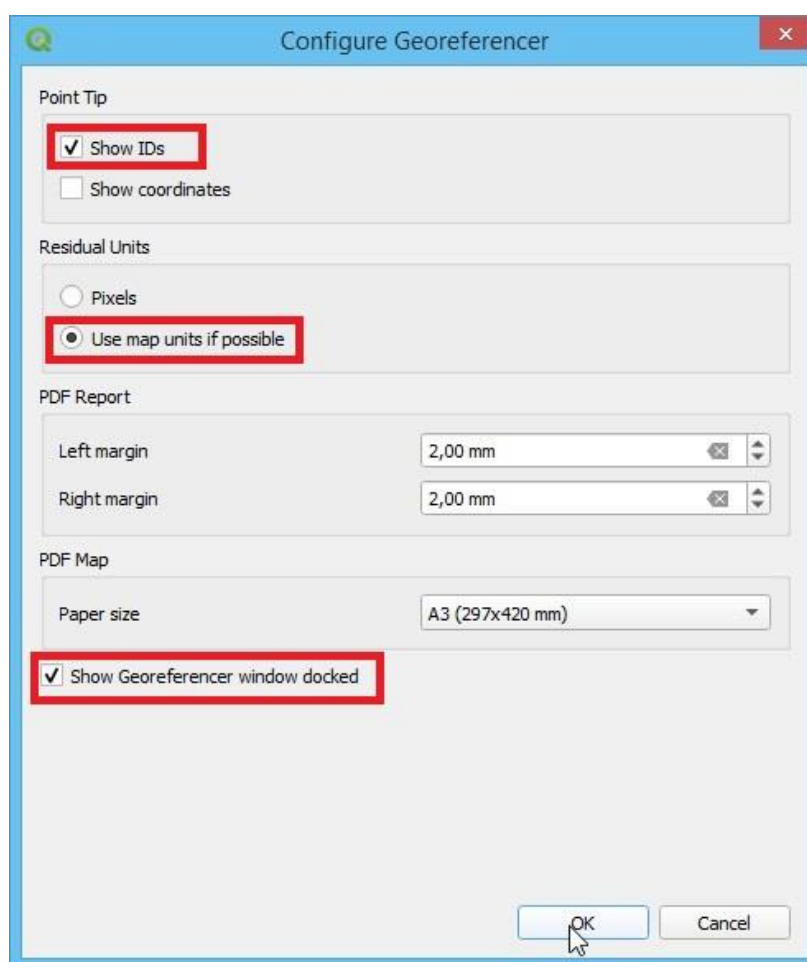


6) Configurarea plugin-ului Georeferencer GDAL

Pentru a configura plugin-ul Georeferencer GDAL, mergeți la **Settings – Configure Georeferencer**

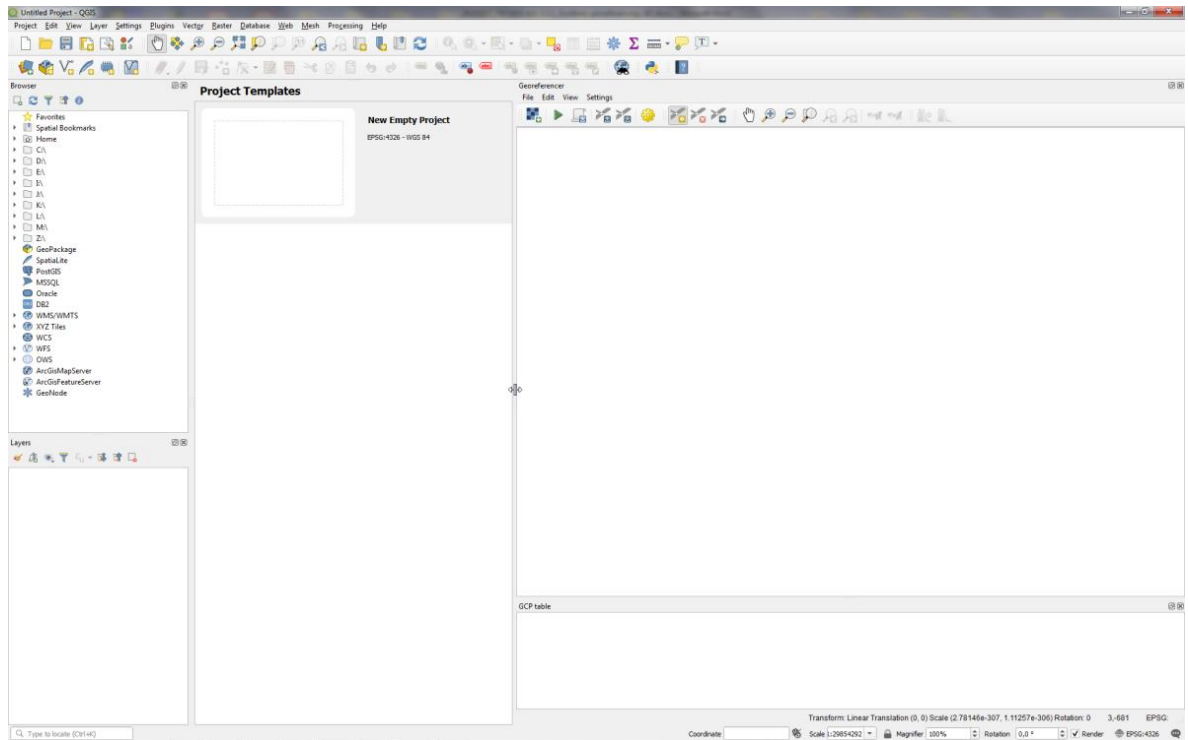


Permiteți **Show IDs**, **Use map units** (dacă este posibil) și accesați **Show Georeferencer window docked**

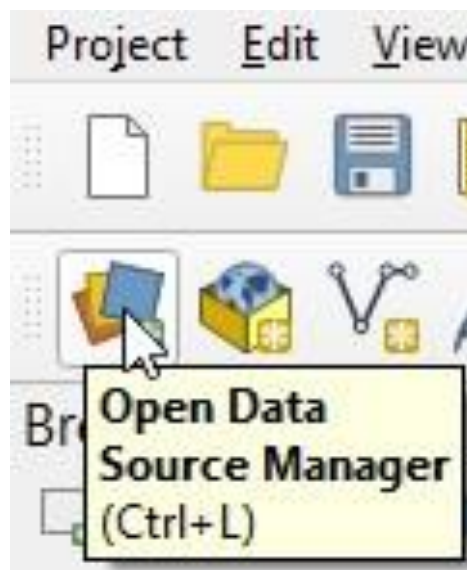


7) Aranjarea ferestrelor în QGIS

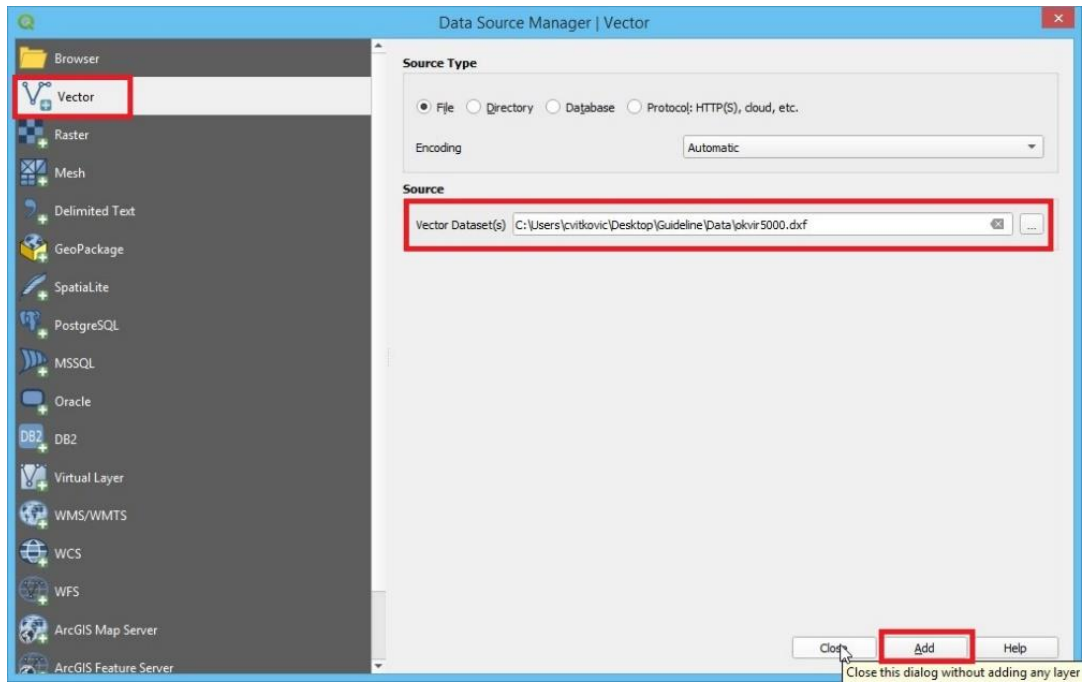
Se recomandă ca fereastra cu plugin-ul **docked Georeferencer** să fie poziționată pe partea dreaptă a pânzei hărții (**Map Canvas**).



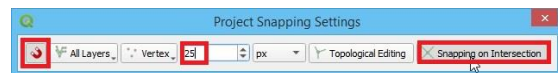
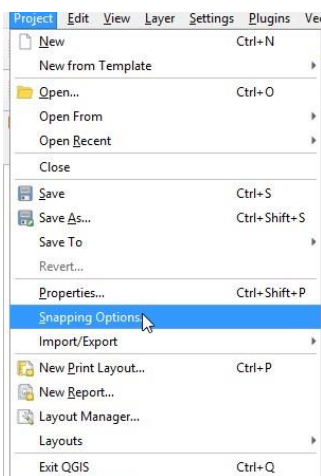
8) Deschideți grila de coordonate vector în pânza hărții (Map Canvas).
Pentru a deschide grila de coordonate vector în pânza hărții (Map Canvas),
mergeți la iconița **Open Data Source Manager**.



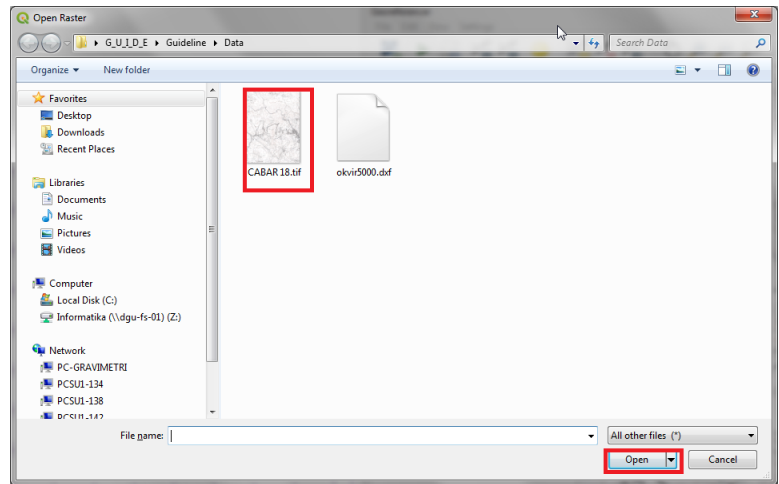
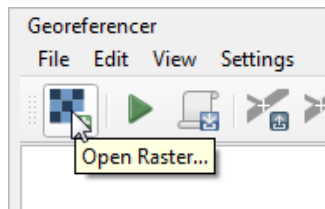
Se deschide fereastra **Data Source Manager**. Selectați **Vector** și navigați la
mapa unde este stocată grila de coordonate vector și **Adăugați-o** și închideți
fereastra **Data Source Manager**.



9) Configurarea opțiunilor de acroșare (Eng - snapping options) și activarea acroșării (Eng – snapping). Pentru a configura opțiunile de acroșare, mergeți la **Project - Snapping Options**, activați prin apăsarea pe iconiță și activați, de asemenea, **Snapping on Intersection**



10) Deschideți imaginea raster care trebuie să fie georeferențiată în plugin-ul Georeferencer. Pentru a deschide rasterul care necesită a fi georeferențiat, mergeți la iconița **Open Raster** și navigați în mapa unde este salvat rasterul, selectați-l și deschideți-l.

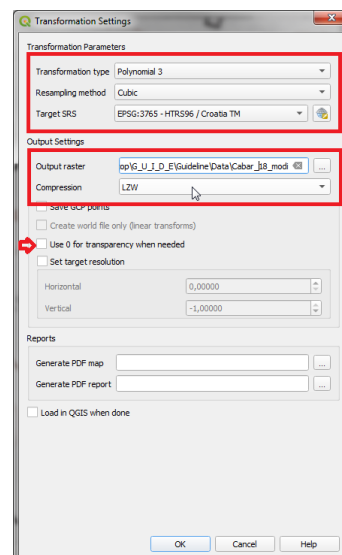
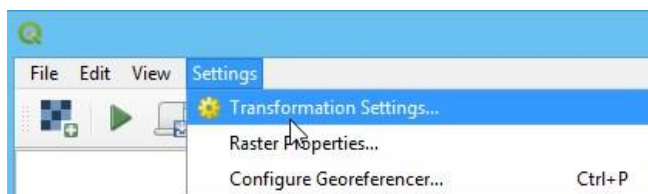


11) Configurarea **Setărilor de transformare** (Eng - **Transformation Settings**) în plugin-ul Georeferencer GDAL.

12) Pentru a configura Setările de Transformare în plugin-ul Georeferencer GDAL, mergeți la **Settings – Transformation Settings** sau apăsați pe iconiță. În fereastra cu Setări de Transformare, configurați **Parametrii de transformare** (Eng - **Transformation parameters**), setările rezultatului final (Eng - **output settings**) și compresia.

- **remarcă:** Pentru compresie și setări de transformare, vă rugăm să consultați capitolele 4.5 și 5.

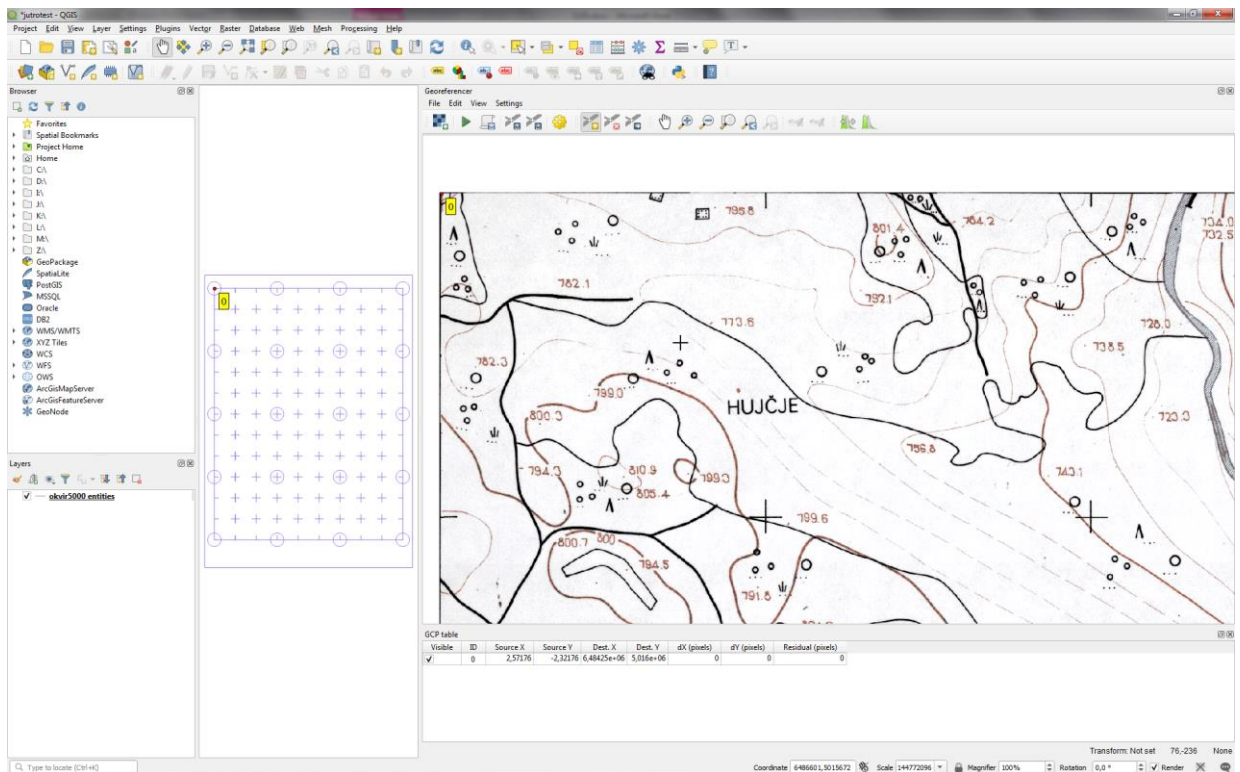
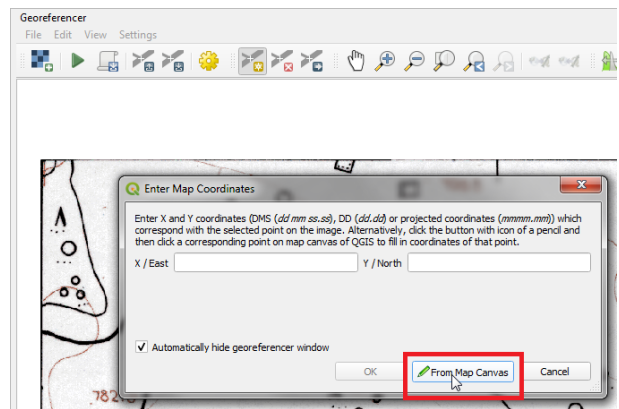
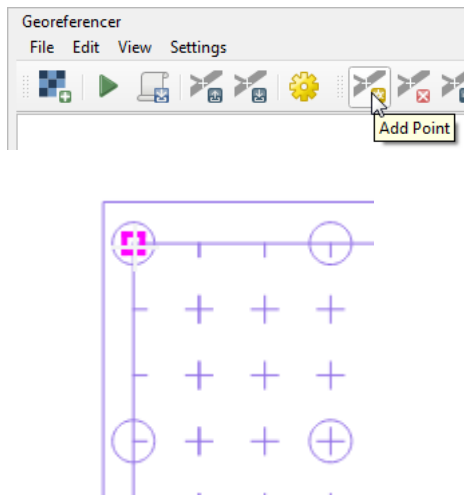
- **remarcă:** Opțiunea “**Utilizați 0 pentru transparență la necesitate**” trebuie să fie utilizată doar dacă culoarea negru curat nu este utilizată pe hartă. În caz contrar, acest lucru va deteriora conținutul rasterului.



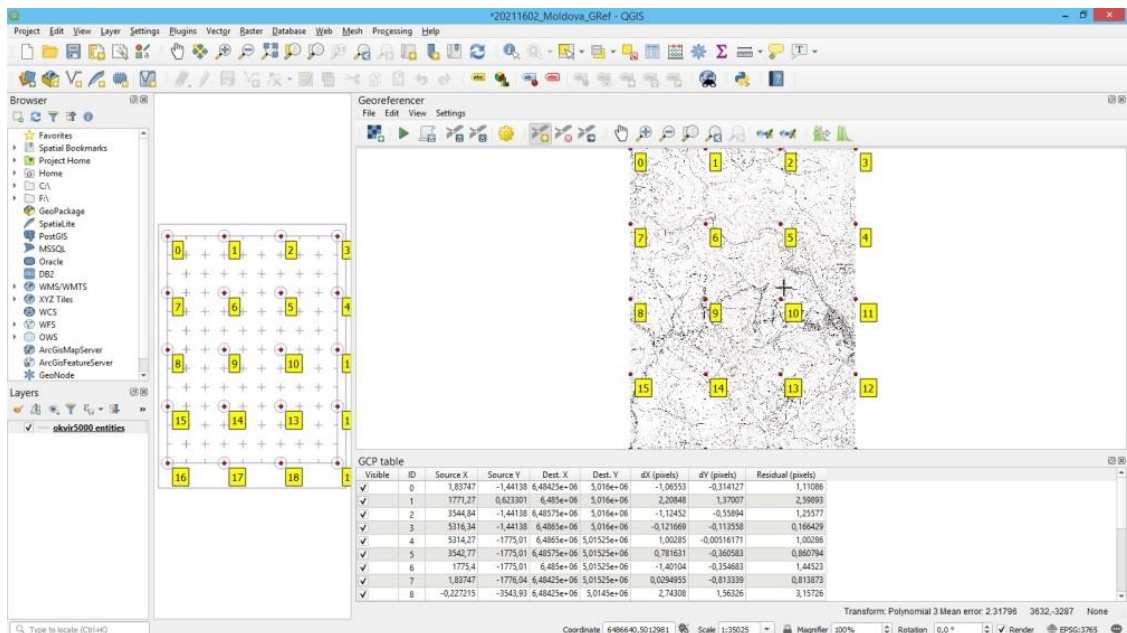
13. Începerea procesului de georeferențiere

Pentru a începe procesul de georeferențiere, mergeți la iconița **Adaugă Punct** (Eng - **Add Point**) și apăsați pe primul punct de pe raster. Fereastra **Introduceți Coordonatele Hărții** (Eng - **Enter Map Coordinates**) se va deschide, mergeți la

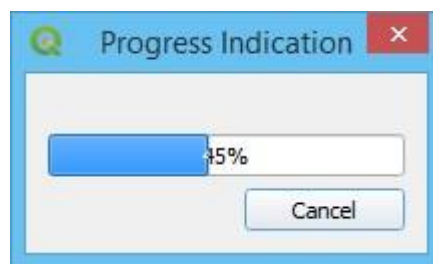
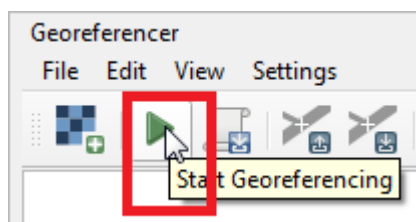
opțiunea **From Map Canvas** și apăsați pe **Punctul de Control** pe Teren corespunzător în grila vector, apoi confirmați (OK) fereastra **Introduceți Coordonatele Hărții** (Eng - **Enter Map Coordinates**). Primul punct a fost selectat.



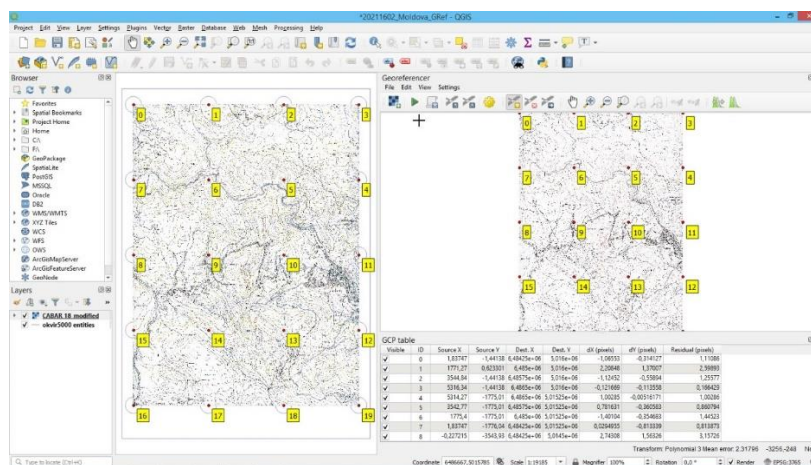
14. Repetați procesul pentru fiecare punct suplimentar, utilizând aceeași procedură.



15. Când toate punctele necesare (specificate) vor fi selectate, mergeți la iconița **Începe Georeferențierea** (Eng - **Start Georeferencing**). Procesul de georeferențiere se execută.



16. După finalizarea procesului de georeferențiere în Map Canvas, imaginea georeferențiată va apărea la ecran și fișierul propriu zis se va găsi în mapa definită la pasul 11 (instrucțiunea pentru Raster Final) și, cu acest pas, rasterul scanat va fi georeferențiat.



Secțiunea nr. 4. Constatările privind QGIS pentru georeferențiere

90. După executarea procesului de georeferențiere și compararea experienței

de lucru cu QGIS și alte instrumente, s-a ajuns la următoarele concluzii:

- 1) QGIS dispune de instrumente pe deplin funcționale care asigură georeferențierea;
- 2) Pentru parametrii de transformare și pentru compresie, QGIS are un bun suport;
- 3) QGIS nu permite vizualizare multiplă pentru georeferențiere;
- 4) QGIS nu permite utilizarea setărilor individualizate pentru transparență, acest soft are doar opțiunea “Utilizați 0 pentru transparență la necesitate”.

VI. CONTROLUL CALITĂȚII

91. Într-o situație ideală, acest lucru ar fi executat în mod automat. Cu toate acestea, la acest moment controlul calității procesului de georeferențiere încă reprezintă pe larg un proces manual.

92. Pot fi efectuate o serie de verificări ale calității pentru a ne asigura de corectitudinea procesului de georeferențiere:

- 1) Verificați dacă sistemul de coordonate de referință este corect și identic cu stratul de referință.
- 2) Verificați dacă punctele de control pe teren sunt distribuite pe toată suprafața stratului/hărții în mod uniform.
- 3) Utilizați alte seturi de date pentru a verifica dacă georeferențierea s-a făcut corect. Dacă georeferențiem pe baza unei grile, atunci adăugarea unei imagini de satelit ar putea asigura un al doilea control al corectitudinii.
- 4) În cazul unor erori mici, adăugarea punctelor de control pe teren suplimentare ar putea îmbunătăți acuratețea. Un grad polinomial ridicat are drept rezultat mai puține erori la punctele de control, însă pot apărea mai multe distorsiuni la locațiile îndepărtate de punctele de control.
- 5) Este important să reținem scopul georeferențierii și precizia necesară pentru realizarea acestui proces. Un alt aspect la fel de important este imaginea originală raster, rezoluția imaginii și tipul de imagine. O hartă desenată de mână nu va fi niciodată perfect georeferențiată, pe când un raster inițial digital ar putea obține un grad mai înalt de precizie.
- 6) Dacă există devieri/erori semnificative, atunci neapărat se va verifica încă o dată poziția acestui punct/acestor puncte de control pe teren și/sau noi puncte de control vor fi adăugate/înlăturate.
- 7) Verificați dacă rezultatul re-eșalonării este acceptabil.
- 8) Verificați dacă metoda de compresie aplicată este acceptabilă.
- 9) Verificați dacă formatul aplicat al fișierului de date este acceptabil.

VII. GEOREFERENȚIEREA METADATELOR

93. La începutul acestui proces se va atribui un ID/număr de identitate unic, înainte ca conversia analog – digitală să aibă loc. Acest lucru va permite urmărirea metadatelor pe parcursul întregului proces de conversie – georeferențiere, până la publicarea lor în Catalogul de Metadate.

94 Un fișier georeferențiat poate fi un fișier individual (hartă geologică la scară mică pentru întreaga țară) sau un mozaic (hărți topografice la scară mare). Modalitatea de înregistrare a metadatelor va depinde de faptul dacă fișierul este individual sau este un mozaic. Un set de date mozaic va conține o înregistrare de metadate care descrie întreaga colecție de imagini. Aceste rastere trebuie să fi fost procesate cu utilizarea aceluiași metode și, respectiv, nu există motiv pentru necesitatea de a crea înregistrări individuale de metadate. Acest lucru va fi diferit în cazul unui singur fișier raster, deoarece este posibil să fi fost utilizate diferite metode cu diferite scări ale hărților în setul de date original de bază.

95. Metadatele unui set de date/fișier georeferențiat trebuie să includă informația din imaginea nr.22:

Atribute	Exemplu
ID unic al setului de date	MD0001
Denumirea setului de date	Hartă de bază
Scara hărții	1:5000
Numărul total de fișiere ale setului de date (planșe de hărți)	10 000
Numărul de fișiere ale setului de date georeferențiat (planșe de hărți)	6320
Sistem de coordonate de referință țintă	MOLDREF99_Moldova_TM
Codul EPSG	4026
Formatul imaginii inițiale	.jpg
Formatul rezultatului	.GeoTIFF
Tipul de transformare	Polinomial 3
Metoda de re-eșantionare	Cubic
Stratul de referință	Grila vector
Numărul de Puncte de Control pe Teren utilizate	20
Compresia	LZW

Imaginea nr. 22: Metadatele unui set de date georeferențiat

VIII. AUTOMATIZAREA

96. Automatizarea în cadrul georeferențierii implică un proces foarte bine definit de scanare și procesare a datelor analog identice (după formă, dimensiune și condiție). Până la moment nu s-a utilizat careva gen de inteligență artificială în programe comerciale și non-comerciale. Fiecare șablon în format analog dispune de caracteristici specifice, care necesită o abordare individuală în procesul de georeferențiere. Dat fiind procesele tehnologice ce au loc la procesarea și manipularea datelor raster, devenind tot mai solicitate pe zi ce trece, este posibil ca anumite completări să apară rapid, lucru care va permite georeferențierea automată sau semi-automată.

97. Suplimentar la datele georeferențiate, pe piață există softuri ce fac posibilă ridicarea gradului de automatizare în procesul de vectorizare a datelor.

IX. CONCLUZII ȘI RECOMANDĂRI

1) Punctele de control pe teren trebuie să fie distribuite pe toată suprafața setului de date raster (și pe margini), evitându-se concentrarea lor într-o singură zonă.

2) Precizia la georeferențiere depinde de metoda de transformare și de numărul de puncte de control pe teren.

3) Metoda de compresie LZW este cea mai recomandată metodă în majoritatea cazurilor.

4) GeoTIFF este formatul recomandat de fișier pentru stocarea oricărui raster.

5) Există câteva opțiuni de software pentru georeferențiere, atât comerciale, cât și de sursă deschisă (gratuite).

6) QGIS reprezintă o alternativă pentru georeferențiere, procesul presupune mai multă muncă în comparație cu alte soluții comerciale.

7) Lipsa suportului privind setările individualizate a transparenței în procesul de georeferențiere ar putea fi un factor limitativ pentru QGIS, atunci când îl comparăm cu alte soluții comerciale.

8) Ținând cont de numărul de factori și experiența anterioară cu georeferențierea, utilizarea programului AutoCAD Raster Design pentru sarcini de georeferențiere poate fi recomandată, deoarece acest program dispune de toate instrumentele necesare atât pentru sarcini simple, cât și pentru cele complexe, având interfața utilizatorului intuitivă.

9) Se recomandă a urmări toate evoluțiile și actualizările de softuri care sunt cel mai des utilizate în procesul de georeferențiere (de ex. QGIS/GDAL, AutoCAD, ESRI ArcGIS...) din ambele puncte de vedere: suport pentru transparență și posibilitatea de georeferențiere (semi) automată.

10) Înainte de a lua o decizie asupra unui anumit soft (AutoCAD / QGIS / ...), se va ține cont de toate aspectele relevante în procesul de dezvoltare (vezi

prezentarea din Anexa A).

11) Se recomandă a crea câteva locuri de muncă echipate corespunzător în scop de georeferențiere și a partaja resursele, precum și a asigura rotația personalului de la diferite instituții care vor efectua georeferențierea. O altă recomandare este de a crea o linie de producere pentru conversia analog – digitală la același loc de muncă și, la fel, de a partaja resursele și asigura rotația personalului de la diferite instituții pentru a completa întregul proces. În acest mod, resursele financiare vor fi utilizate în mod optimal, iar procesele de conversie analog – digitală și georeferențiere vor fi optimizate. Valoarea adăugată este obținută de la partajarea experienței experților, care vor face aceste sarcini și de la instruirea unui număr mare de experți cu cunoștințe specifice corespunzătoare.

12) Ambele programe vă permit să creați mozaicuri fără mari obstacole.

13) Fluxul de lucru, începând cu conversia A-D și finisând cu georeferențierea, inclusiv înregistrarea fișierelor în catalogul de metadata, poate fi găsit în anexa B.

X. REFERINȚE

Brovelli, Maria A., and Marco Minghini. "GEOREFERENCING old maps: a polynomial-based approach for Como historical cadastres." e-Perimetron 7.3 (2012): 97-110.

Frančula N (2004): Digitalna kartografija, Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet, Zagreb

Zhang, Allison B. and Gourley, D., Creating Digital Collections, 2009

URL 1: https://doi.org/10.1007/978-0-387-39940-9_181

URL 2: <https://pelias.io/>

URL 3: http://www.qgistutorials.com/downloads/1870_southern-india.jpg

URL 4: <https://gis.stackexchange.com/questions/367659/differences-between-different-georeferencing-transformation-algorithms-in-qgis>

URL 5: <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/help/data/imagery/overview-of-georeferencing.htm>

URL 6: <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/extensions/spatial-analyst/performing-analysis/cell-size-and-resampling-in-analysis.htm>

URL 7: <https://gisgeography.com/raster-resampling/>

URL 8: <https://gis.stackexchange.com/questions/10931/what-is-lanczos-resampling-useful-for-in-a-spatial-context>

URL 9: <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/manage-data/raster-and-images/what-is-raster-data.htm>

URL 10: <https://files.nc.gov/ncdit/documents/files/TAC-compression.pdf>

URL 11: https://docs.qgis.org/3.10/en/docs/user_manual/plugins/core_plugins/plugins_georeferencer.html

3. LISTA CU ANEXE

Anexa A: Prezentarea Ghidului în .ppt



TW

NSDI_georeferencin

Anexa B: Fluxul de lucru, începând cu conversia A-D și finisând cu georeferențierea, inclusiv înregistrarea fișierelor în catalogul de metadate



TW NSDI Act.
3.2.1.3_Workflow_A