

Faustino Cetraro

ANALIZZARE E PROCESSARE I DATI CON QGIS

Guida con molteplici esempi pratici per creare soluzioni geospaziali



Dario Flaccovio Editore

ANALIZZARE E PROCESSARE I DATI CON QGIS

Autore: Faustino Cetraro

© 2026 Quine S.r.l.* – Tutti i diritti riservati

ISBN 9788857917863
eISBN 9788857917870

I diritti di traduzione, di memorizzazione elettronica, di riproduzione e adattamento totale o parziale con qualsiasi mezzo (compresi i microfilm e le copie fotostatiche), sono riservati per tutti i Paesi. Le fotocopie per uso personale del lettore possono essere effettuate nei limiti del 15% di ciascun volume dietro pagamento alla SIAE del compenso previsto dall'art. 68, commi 4 e 5, della legge 22 aprile 1941 n. 633. Le fotocopie effettuate per finalità di carattere professionale, economico o commerciale o comunque per uso diverso da quello personale possono essere effettuate a seguito di specifica autorizzazione rilasciata da CLEARedi, Centro Licenze e Autorizzazioni per le Riproduzioni Editoriali, Corso di Porta Romana 108, 20122 Milano, e-mail autorizzazioni@clearedi.org e sito web www.clearedi.org.

L'Editore ha compiuto ogni sforzo per ottenere e citare le fonti esatte delle illustrazioni. Qualora in qualche caso non fosse riuscito a reperire gli aventi diritto è a disposizione per rimediare a eventuali involontarie omissioni o errori nei riferimenti citati.

Quine S.r.l.
Viale Enrico Forlanini, 21
20134 Milano
Tel. 02 881841
www.darioflaccovio.it

Finito di stampare nel mese di gennaio 2026 da "Kosmoprint" S.r.l. Rimini (RN)

* Quine S.r.l. fa parte di **LSWR GROUP**

Indice

PREFAZIONE	11
1. INTRODUZIONE	13
Presentazione di QGIS	13
Personalizzazione dell'interfaccia utente	14
Pannelli e barre degli strumenti	17
Opzioni per l'ambiente di lavoro	23
Strumenti di geoprocessing	25
Come gestire e installare i plugin	31
Come abilitare gli strumenti di SAGA GIS	32
Creare un nuovo progetto	33
Aggiungere i layer al progetto	35
Strumenti per la gestione degli stili	39
Creare nuovi simboli	40
Salvataggio e apertura di un progetto	43
Layout di stampa	44
2. SISTEMI DI COORDINATE GEOGRAFICHE E OPERAZIONI DI GEOREFERENZIAZIONE	49
Cenni ai sistemi di coordinate geografiche	49
Georeferenziazione	51
Strumenti e funzioni per georeferenziare	52
Come georeferenziare un file raster	55
Come georeferenziare un file vettoriale	59
Passaggi tra i sistemi di riferimento geografici	62
3. STRUMENTI PER CREARE E ANALIZZARE I LAYER RASTER	65
Generalità	65
Creare i layer raster	65

Analisi dei layer raster	67
Analisi geomorfologica	73
Strumenti di correzione e conversione	76
Strumenti implementati nella libreria GDAL	78
<i>Conversione sui raster</i>	79
<i>Creare nuovi layer dai raster</i>	80
<i>Operazioni varie sui raster</i>	81
Strumenti di GRASS in QGIS	83
<i>Elaborazione delle immagini</i>	84
<i>Algoritmi di analisi per i layer raster</i>	87
4. STRUMENTI PER CREARE E ANALIZZARE I LAYER VETTORIALI	95
Cosa indicano i termini <i>coverage</i> e <i>feature</i>	95
<i>Digitalizzare le informazioni e creare un nuovo layer vettoriale</i>	96
Strumenti per digitalizzare le informazioni	105
<i>Barra degli strumenti di aggancio</i>	105
<i>Barra degli strumenti di digitalizzazione</i>	107
<i>Strumento di modifica dei vertici</i>	110
<i>Digitalizzazione avanzata</i>	111
Strumenti per creare i vettori	118
<i>Strumenti di analisi sui vettori</i>	123
<i>Analisi di reti</i>	129
<i>Coverage vettoriale</i>	132
5. FUNZIONI SULLE TABELLE DEGLI ATTRIBUTI	133
Comandi per le tabelle degli attributi	133
<i>Principali funzioni di calcolo</i>	140
<i>Aggrega</i>	140
<i>Array</i>	143
<i>Campi e valori</i>	147

<i>Colore</i>	147
<i>Condizioni</i>	148
<i>Conversioni</i>	149
<i>Corrispondenza Fuzzy</i>	151
<i>Data e ora</i>	153
<i>Geometria</i>	154
<i>Lat Lon Tools</i>	161
<i>Layer mappa</i>	162
<i>Maps</i>	163
<i>Matematica e Operatori</i>	164
<i>Raster e Recente (fieldcalc)</i>	165
<i>Record e Attributi</i>	166
<i>Stringhe di testo</i>	167
<i>Variabili</i>	169
Strumenti per le tabelle	171
6. STRUMENTI GENERALI, SELEZIONE E DATABASE	177
Strumenti generali	177
Strumenti di selezione	183
Cosa sono i database e a cosa servono	187
<i>SQLite e SpatiaLite</i>	187
<i>PostGIS e PostgreSQL</i>	190
<i>Collegare un database PostgreSQL in QGIS</i>	196
<i>Creare una tabella in un database PostgreSQL direttamente da QGIS</i>	198
<i>Cenni sui database SAP HANA, MS SQL Server e Oracle</i>	201
Principali query in SQL	203
Strumenti di database	204
7. RELAZIONI TRA LAYERS E TABELLE	207
Premessa	207
Unione di elementi tra due layers	207

Relazioni tra più layers	209
<i>Relazioni uno-a-molti</i>	210
<i>Relazioni molti-a-molti</i>	211
<i>Relazioni polimorfiche</i>	212
 8. STRUMENTI DI GEOPROCESSING	215
Geometria vettore	215
Geoprocessing in GDAL	240
Gruppo vettore in GRASS	241
 9. STRUMENTI DI SOVRAPPOSIZIONE E NUVOLE DI PUNTI	245
Sovrapposizione dei vettori	245
Gestione dei dati della nuvola di punti	252
Conversione nuvola di punti	255
 10.STRUMENTI DI INTERPOLAZIONE, MESH E TASSELLI VETTORIALI	259
Generalità sulle tecniche di interpolazione dei dati	259
<i>Strumenti di interpolazione</i>	260
<i>Interpolazione in GRASS</i>	265
<i>Interpolazione in SAGA GIS</i>	269
Strumenti di mesh	271
Tasselli o tessere vettoriali	275
 11. CARTOGRAFIA, GRAFICI E GESTIONE DELLE ETICHETTE	277
Strumenti per la cartografia	277
Grafici e istogrammi	282
<i>Strumenti grafici</i>	283
Gestione delle etichette	285
<i>Opzioni per le etichette del layer</i>	286
<i>Etichette singole</i>	286

<i>Etichettatura tramite regole</i>	294
<i>Utilizzo della sovrascrittura per l'etichettatura</i>	295
<i>Opzioni diagramma vettore</i>	296
<i>Evidenzia e alterna la visualizzazione delle etichette</i>	300
<i>Blocca e sblocca etichette</i>	300
<i>Mostra e nascondi etichette e diagrammi</i>	301
<i>Muovi e ruota etichette e diagrammi</i>	301
<i>Cambia Proprietà Etichetta</i>	302
12. ANNOTAZIONI, ELEMENTI DI DECORO E SEGNALIBRI	305
Annotazioni	305
<i>Barra per le annotazioni</i>	306
Elementi di decoro	308
Segnalibri per le mappe	310
Uso dei segnalibri	311
13. MODULO ATTRIBUTI PERSONALIZZATO E PROTOCOLLI OGC	313
Personalizzazione del modulo attributi	313
<i>Genera automaticamente gli elenchi dei campi</i>	314
<i>Designer trascina e rilascia</i>	317
<i>Crea e utilizza il file UI come modulo personalizzato</i>	318
Lavorare con i protocolli OGC	322
Connessione ai servizi WMS o WMTS	324
Creare e cercare i layers WFS	326
Connessione al servizio WCS	328
Flussi di lavoro di autenticazione utente	329
14. PLUGIN E INDICAZIONI DI SVILUPPO	331
Generalità	331
Plugin di base e plugin esterni	331

Plugin attualmente più interessanti	331
Come creare un plugin in QGIS da zero	352
<i>Plugin Builder: Strumento per la creazione automatizzata dei plugin</i>	354
<i>Esempio pratico: creazione di un semplice plugin</i>	358
 15. PROCEDURE COMPLESSE AUTOMATIZZATE	367
Generalità	367
L'interfaccia di progettazione del modello	367
<i>Tipi di input nel Designer dei Modelli</i>	368
<i>Dati di ingresso</i>	370
Come creare dei modelli automatizzati	371
Cenni sulla console di Python in QGIS	374
Richiamare e usare gli algoritmi dalla console di Python	376
Script dagli strumenti di processing	380
 16. LAYOUT DI STAMPA	385
Che cos'è il layout di stampa	385
Oggetto mappa	385
<i>Gruppo layer</i>	387
<i>Gruppi estensioni e intervalli</i>	388
<i>Gruppo Atlante</i>	389
<i>Gruppo reticolli</i>	390
<i>Gruppi panoramiche, posizione, dimensioni e rotazione</i>	393
<i>Gruppi cornice, sfondo e ID oggetto</i>	394
<i>Gruppi di visualizzazione e variabili</i>	395
Oggetto legenda	396
<i>Creare una forma patch da usare in legenda</i>	398
Creazione di temi per la mappa	399
Come creare un modello personalizzato di stampa	401
<i>Layout con cornice a griglia, scala grafica e testi dinamici</i>	402
Layout orizzontale con reticolo, scala, simboli e testi dinamici	405

Aggiungi nuove pagine a un layout	409
Come creare un report di stampa	411
<i>Intestazione del report</i>	412
<i>Sezioni del report</i>	413
Esportare e stampare un report	415
17. ESERCITAZIONI PRATICHE	417
Realizzare una mappa di concentrazione (Heatmap)	417
Animazione dei dati di serie temporale	422
Applicare gli stili a una mappa idrografica	425
Calcolo della pioggia media areale	430
Calcolo della densità delle intersezioni stradali	437
<i>Analisi rapida delle aree inondabili in 2D e 3D</i>	442
<i>Verificare l'idoneità dei tetti verdi degli edifici</i>	451
Immagini dal satellite Sentinel e calcolo dell'indice NDVI	457
Sentinel-3 e la Temperatura della Superficie Terrestre (Land Surface Temperature)	462
Analisi dell'isola di calore urbana	467
Creare una mappa interattiva	470
BIBLIOGRAFIA	475

PREFAZIONE

Nel contesto delle discipline tecnico-scientifiche, la rappresentazione, l’analisi e l’interpretazione del territorio costituiscono elementi fondamentali per una pianificazione efficace e sostenibile. Le mappe, da strumenti descrittivi, si sono evolute in veri e propri supporti decisionali, in grado di integrare dati complessi e fornire risposte concrete in ambiti quali l’ambiente, le infrastrutture, la gestione delle risorse naturali e il monitoraggio dei cambiamenti del territorio. In questo scenario, l’uso dei Sistemi Informativi Geografici (GIS) rappresenta oggi una competenza imprescindibile per professionisti che operano in ambiti multidisciplinari. In particolare, QGIS – software open source tra i più diffusi e avanzati – si distingue per la sua flessibilità, scalabilità e per il supporto di una vasta comunità di sviluppo attiva a livello globale.

Questo testo si propone come guida operativa e approfondita all’utilizzo di QGIS, con un taglio orientato all’applicazione concreta delle sue funzionalità nei diversi contesti tecnico-professionali. Verranno illustrati non solo gli strumenti base del software, ma anche i plugin più efficaci per l’analisi geospaziale, la gestione dei dati territoriali, la creazione di mappe tematiche e l’integrazione con dati provenienti da fonti eterogenee, come le immagini satellitari Sentinel. Particolare attenzione sarà dedicata all’utilizzo di Python all’interno di QGIS, al fine di automatizzare processi, personalizzare flussi di lavoro e sviluppare soluzioni ad hoc. Gli esempi proposti sono strutturati in modalità *step-by-step*, con l’obiettivo di rendere accessibile, anche a chi si avvicina per la prima volta alla programmazione, l’integrazione tra GIS e scripting. Ogni capitolo è redatto per offrire un equilibrio tra teoria e pratica, proponendo casi di studio concreti che riflettono situazioni reali affrontate nei vari settori della pianificazione e gestione territoriale. Inoltre, verrà approfondito l’uso dei dati telerilevati per l’analisi di fenomeni ambientali complessi. L’elaborazione di dati grezzi provenienti dai sensori Sentinel sarà presentata attraverso esempi pratici che mostrano come trasformare immagini multispettrali in mappe tematiche di elevato valore informativo.

L’obiettivo di questo volume è offrire uno strumento concreto, utile sia per la formazione tecnica sia per l’aggiornamento professionale, capace di colmare il divario tra conoscenza teorica e applicazione pratica. Che tu sia uno studente, un ricercatore o un professionista già inserito nel mondo del lavoro, qui troverai le risorse per utilizzare QGIS in maniera avanzata, consapevole e creativa.

Benvenuto in questo percorso di approfondimento: le potenzialità di QGIS sono pronte per essere esplorate e tradotte in soluzioni efficaci nel tuo ambito professionale.

L’Autore

1. INTRODUZIONE

Presentazione di QGIS

L'acronimo QGIS sta per Quantum GIS un software open source creato nel 2002 dal programmatore canadese, Gary Sherman, inizialmente come alternativa ai software GIS commerciali. Nel corso degli anni, QGIS ha guadagnato popolarità tra gli utenti che lavorano con i dati geospaziali, grazie alla sua interfaccia user-friendly, alla vasta gamma di funzionalità e alla sua comunità attiva che contribuisce allo sviluppo del software. Ad oggi, è disponibile in molte lingue ed è utilizzato da organizzazioni e da istituzioni in tutto il mondo per creare mappe. Tra le sue principali funzionalità c'è la possibilità di:

- creare o modificare i dati sia vettoriali che raster;
- visualizzare la gestione dei dati geospaziali provenienti da diverse fonti;
- eseguire l'analisi spaziale, inclusi gli strumenti di calcolo sulle topologie;
- realizzare mappe tematiche personalizzate;
- gestire i vari sistemi di proiezione attualmente in uso;
- implementare nuovi plugin per estendere le funzionalità di base del software;
- importare ed esportare i dati in diversi formati.

Grazie alla sua elevata interoperabilità con altri software GIS (Geographic Information System) e alla possibilità di integrare dati provenienti da fonti eterogenee, QGIS è oggi ampiamente utilizzato in numerosi settori applicativi: dalla pianificazione urbanistica alla gestione ambientale, dalla valorizzazione del territorio all'agricoltura di precisione, fino agli studi geologici, all'idrologia, alla navigazione marittima e a molte altre discipline tecnico-scientifiche. Questa ampia diffusione è resa possibile dalla notevole flessibilità del software e dal supporto di una comunità di sviluppatori attiva e globale, che contribuisce costantemente al miglioramento della piattaforma attraverso aggiornamenti frequenti, nuove funzionalità e la risoluzione tempestiva di bug segnalati dagli utenti. QGIS si è affermato come uno strumento essenziale per professionisti, ricercatori e tecnici che operano con dati geografici, offrendo un ambiente di lavoro solido, efficiente e altamente personalizzabile. La licenza open source ne consente l'adattamento a esigenze specifiche, permettendo lo sviluppo di soluzioni su misura, anche tramite l'integrazione con linguaggi di scripting come Python. In virtù delle sue caratteristiche – versatilità, completezza funzionale e apertura – QGIS rappresenta oggi un punto di riferimento consolidato nel panorama dei GIS, sia in ambito accademico che professionale.

QGIS è disponibile per i principali sistemi operativi – Windows®, macOS® e Linux – e può essere scaricato direttamente dal sito ufficiale: <https://qgis.org/it/site>. Una volta completato il download, è sufficiente eseguire il file di installazione e seguire le

istruzioni fornite a schermo. Al termine dell'installazione, l'avvio del software presenta l'interfaccia grafica principale (vedi Figura 1.1), da cui è possibile iniziare la personalizzazione dell'ambiente di lavoro. La prima operazione consigliata è la configurazione dell'interfaccia, attivando i pannelli e le barre degli strumenti necessari in base alle proprie esigenze operative. Questa configurazione si effettua tramite il menu **Impostazioni**, dove è anche possibile accedere alle opzioni generali del programma. In questa sezione si possono definire parametri fondamentali quali la lingua dell'interfaccia, il sistema di riferimento geografico (CRS), le preferenze di layout, ecc., importante per garantire un flusso di lavoro efficiente e coerente.

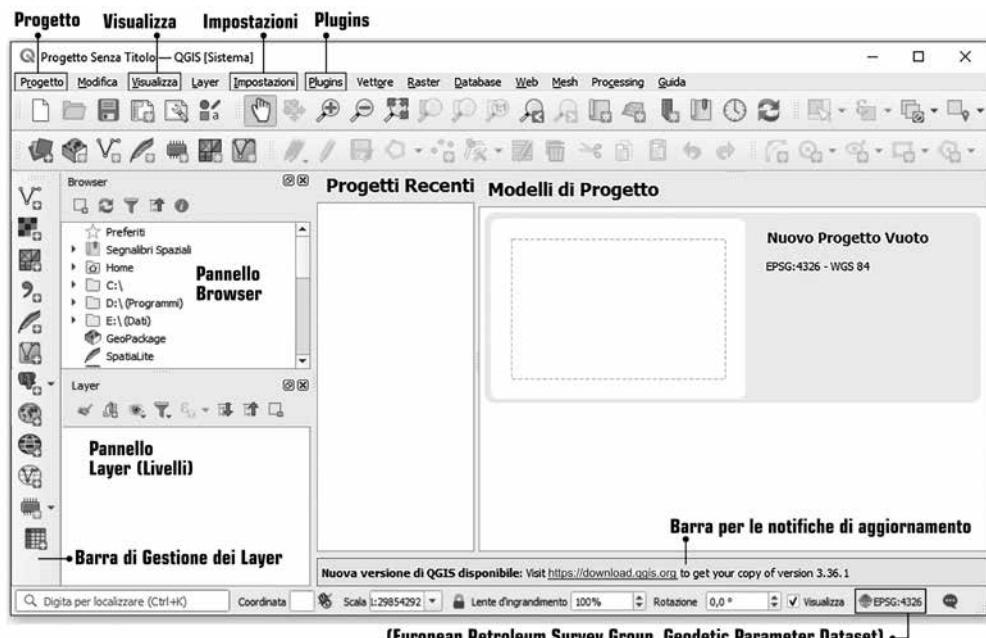


Figura 1.1. Finestra principale di QGIS

Personalizzazione dell'interfaccia utente

L'interfaccia principale di QGIS si presenta inizialmente con i seguenti componenti:

- una barra degli strumenti – situata nella parte superiore della finestra con i comandi per attivare gli strumenti di disegno per la modifica, la selezione, la misura degli elementi, ecc.
- Il pannello dei layer – posto sulla sinistra dove vengono elencati tutti i livelli aggiunti e visualizzati sulla mappa.
- Il pannello delle proprietà del layer – dove si possono modificare diverse proprietà del layer selezionato come il colore, la trasparenza, le etichette e i simboli.

- Il pannello delle proprietà del progetto – che consente di modificare le impostazioni globali del progetto, il sistema di coordinate, le unità di misura e le impostazioni di stampa.
- L'area della finestra di visualizzazione della mappa – posta al centro dell'interfaccia principale, permette di visualizzare la mappa interattiva con i dati geografici caricati dai vari layer.
- Il pannello dei plugin – contenente una lista degli applicativi installati e che aggiunge nuove funzionalità al programma di base.
- Il pannello del browser – situato sulla sinistra, è usato per le operazioni di ricerca e selezione dei file da caricare nel programma.

Oltre a quanto elencato, è possibile aggiungere e personalizzare ulteriori pannelli e finestre in base alle proprie necessità tramite il menu **Visualizza**.

Al primo avvio, QGIS crea automaticamente un profilo denominato *default*, all'interno del quale vengono salvate tutte le impostazioni iniziali del programma. Qualsiasi modifica successiva apportata all'interfaccia, alle preferenze, ai plugin attivi, alle connessioni ai database o ad altri elementi di configurazione viene memorizzata in questa cartella. È importante tenere presente che, nel caso in cui il profilo *default* venga eliminato, QGIS lo ricreerà automaticamente al successivo avvio, ripristinando però le impostazioni predefinite e comportando quindi la perdita di tutte le personalizzazioni effettuate. Per questo motivo, una volta organizzata l'interfaccia grafica in base alle proprie abitudini operative – ad esempio selezionando e disponendo pannelli e barre degli strumenti di uso frequente – è consigliabile salvare questa configurazione creando un nuovo profilo utente personalizzato. QGIS consente infatti la gestione di più profili, ciascuno con configurazioni indipendenti relative all'ambiente di lavoro, ai plugin installati, alle connessioni configurate, ai progetti recenti e ad altre impostazioni specifiche. Questa funzionalità è particolarmente utile in ambienti multiutente o in contesti professionali dove si lavora su progetti diversi con esigenze operative eterogenee. La creazione di un nuovo profilo è semplice: si accede al menu **Impostazioni**, si seleziona la voce **Profili utente** → **Nuovo profilo** e si inserisce un nome univoco per identificare il nuovo ambiente. Una volta confermata la creazione, QGIS riavvia automaticamente il programma all'interno del profilo appena generato, che diventa così il profilo attivo. Per visualizzare la cartella contenente i file di configurazione relativi al profilo in uso, è sufficiente selezionare la voce **Apri la cartella del profilo attivo**, sempre dal menu **Impostazioni** → **Profili utente**. Questo comando consente di accedere direttamente alla directory dove sono memorizzati tutti i file di configurazione personalizzati. La possibilità di creare e gestire profili distinti rappresenta un'opzione strategica per ottimizzare l'ambiente di lavoro in base alle proprie esigenze: ogni utente, operando sullo stesso computer, può selezionare rapidamente il proprio profilo e ritrovare un'interfaccia familiare, configurata secondo le proprie preferenze e pronta per un utilizzo immediato ed efficiente.

La domanda che a questo punto appare ovvia è: *come trasferire i profili utente di QGIS su un altro computer?* Esistono diverse modalità per eseguire questa operazio-

ne, ma una delle più semplici ed efficaci consiste nella copia manuale della cartella del profilo utente. Questa cartella può essere individuata facilmente tramite il comando **Apri la cartella del profilo attivo** disponibile all'interno di QGIS. Il percorso tipico è ad esempio: “C:\Users\Utente\AppData\Roaming\QGIS\QGISx\profiles”. Una volta individuata, è sufficiente copiare l'intera cartella del profilo e incollarla nella medesima directory sul nuovo PC. QGIS, all'avvio, rileverà automaticamente i profili presenti in tale percorso, rendendoli disponibili nel menu **Profili utente**, accessibile da **Impostazioni** (vedi Figura 1.2).

In questo modo, sarà possibile mantenere le personalizzazioni dell'ambiente di lavoro, inclusi pannelli, layout e configurazioni, garantendo continuità operativa senza la necessità di riconfigurare manualmente l'interfaccia.

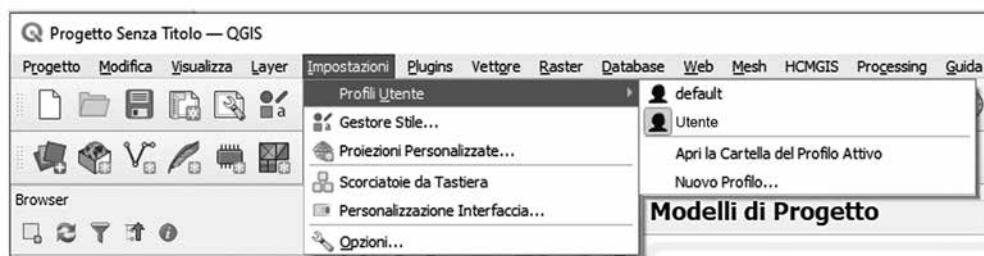


Figura 1.2. Menu impostazione per i profili utente

Un'altra esigenza comune durante la gestione dei profili utente è la rinomina o la rimozione di un profilo esistente, al fine di evitare ambiguità o mantenere l'ambiente di lavoro ordinato. Per rinominare un profilo utente, è sufficiente accedere manualmente al percorso citato. Da qui, è possibile rinominare la cartella corrispondente al profilo utilizzando il comando **Rinomina** dal menu contestuale di sistema. La stessa procedura vale per eliminare un profilo, selezionando la cartella desiderata e scegliendo **Elimina** dallo stesso menu di sistema. In alternativa, è possibile utilizzare il plugin **Profile Manager**, disponibile nel gestore dei plugin di QGIS. Questo strumento offre un'interfaccia dedicata per la gestione avanzata dei profili, permettendo non solo la rinomina e l'eliminazione, ma anche la duplicazione e la copia dei profili. Inoltre, permette di creare un elenco dettagliato dei plugin installati, comprensivo di segnalibri, preferiti, modelli, script personalizzati, funzioni utente e altre configurazioni. Si tratta di una soluzione più completa e centralizzata, particolarmente utile in contesti in cui è necessario replicare o gestire ambienti di lavoro complessi. L'unica operazione non supportata direttamente dal plugin è l'esportazione di un profilo verso un percorso differente, che può comunque essere eseguita manualmente secondo le modalità descritte in precedenza.

A questo punto, possiamo analizzare l'organizzazione dell'interfaccia, in particolare la disposizione dei pannelli e delle barre degli strumenti, per poi passare alla configurazione generale dell'ambiente di lavoro.

Pannelli e barre degli strumenti

I pannelli e le barre degli strumenti rappresentano componenti chiave dell’interfaccia grafica di QGIS, progettati per offrire un accesso immediato e intuitivo alle funzionalità più utilizzate del software. I pannelli forniscono strumenti specifici per la gestione dell’ambiente di lavoro e la visualizzazione dei dati geospaziali, organizzati in schede come la **Legenda**, il **Browser**, la **Console Python**, il **Gestore dei Layer** e altri moduli dedicati. Le barre degli strumenti, invece, sono composte da una serie di icone che rappresentano le operazioni più comuni eseguite durante la creazione, la modifica e la gestione di mappe e informazioni territoriali, come ad esempio lo zoom, la selezione, il salvataggio e l’editing vettoriale. La configurazione dell’interfaccia può essere personalizzata in modo semplice: facendo clic con il tasto destro del mouse sulla barra dei comandi, viene visualizzato un menu contestuale da cui è possibile attivare o disattivare sia i pannelli che le barre degli strumenti. Questa funzionalità consente all’utente di adattare l’ambiente di lavoro alle proprie esigenze, ottimizzando l’usabilità e la produttività all’interno del progetto. Detto questo, i principali pannelli sono:

Annulla/Ripristina – annulla o ripristina le azioni eseguite durante la sessione di lavoro. Può essere particolarmente utile quando si effettuano molte modifiche e si desidera ripercorrere i passaggi fatti, oppure semplicemente per ritornare a uno stato precedente.

Browser – è uno strumento fondamentale per la gestione dei dati all’interno dell’ambiente di lavoro. Attraverso il browser è possibile aggiungere nuovi layer al progetto, esplorare i dati esistenti, organizzare i file e interagire con diverse fonti di dati, tra cui database geospaziali (come PostGIS, SpatiaLite), servizi web GIS (WMS, WFS, WMTS), file vettoriali e raster, nonché formati compressi e archivi.

Controllo Temporale – permette di modificare dinamicamente la visualizzazione della mappa in base agli intervalli temporali definiti. Questo è particolarmente utile per lavorare con dataset che variano nel tempo, come serie storiche, dati ambientali, monitoraggi periodici o informazioni legate a eventi temporali. Il funzionamento si basa sulla configurazione dell’intervallo temporale per ciascun layer, specificando il periodo durante il quale il layer deve essere visualizzato nella mappa.

Digitalizzazione Avanzata – consente di eseguire operazioni complesse di editing su dati geografici vettoriali, supportando la creazione e modifica di geometrie come punti, linee e poligoni con un alto livello di precisione.

Gestore Segnalibri Spaziali – uno strumento che consente di salvare, richiamare e gestire rapidamente posizioni geografiche specifiche all’interno di un progetto cartografico. Questa funzionalità si rivela particolarmente utile quando si opera su mappe complesse o di grandi dimensioni, dove è necessario spostarsi frequentemente tra diverse aree di interesse. I segnalibri spaziali permettono di ottimizzare la navigazione nella mappa, migliorando l’efficienza operativa e riducendo i tempi di ricerca e di

inquadramento delle zone su cui intervenire. Ogni segnalibro memorizza l'estensione corrente della vista mappa, rendendo semplice il ritorno a una determinata posizione in qualsiasi momento del flusso di lavoro.

Informazioni sul GPS – consente di visualizzare in tempo reale la posizione corrente di un dispositivo GPS (Global Positioning System) direttamente sul canvas di QGIS, ovvero sull'area principale in cui vengono rappresentati dati vettoriali, raster, mappe e immagini. Una volta collegato il ricevitore GPS al sistema, QGIS mostra informazioni dettagliate sulla posizione, tra cui coordinate geografiche, altitudine, precisione del segnale e altri parametri utili per l'acquisizione sul campo.

Layer – rappresenta uno degli elementi centrali dell'interfaccia, in quanto contiene l'elenco completo di tutti i livelli (layer) caricati nel progetto. Attraverso questo strumento è possibile gestire in modo efficiente la visibilità, l'ordine e la struttura dei dati all'interno della finestra di mappa. Ogni layer, che può essere vettoriale, raster o di altro tipo, viene elencato nel pannello con un nome identificativo e un'icona che ne rappresenta il tipo. Si ha la possibilità di attivare o disattivare la visualizzazione di ciascun livello, modificarne la simbologia, accedere alle proprietà, organizzare i layer in gruppi, gestire la trasparenza e controllare l'interazione tra i vari dati geospatiali.

Messaggi di log – fornisce un resoconto dettagliato delle operazioni interne di QGIS, includendo avvisi di errore, notifiche di stato, messaggi di debug e altre informazioni diagnostiche. Questo strumento è fondamentale per il monitoraggio continuo del funzionamento del software, consentendo di identificare tempestivamente eventuali anomalie o problemi durante l'utilizzo del programma. Grazie ai messaggi di log, è possibile effettuare un'analisi approfondita degli eventi che si verificano in background, facilitando la risoluzione di errori e l'ottimizzazione delle prestazioni.

Modifica Vertici – permette di intervenire direttamente sui vertici di una geometria durante la fase di editing di un layer vettoriale. Attraverso questa interfaccia è possibile spostare, aggiungere o eliminare singoli vertici, modificando con precisione la forma e la posizione degli elementi vettoriali. Questo strumento è particolarmente utile per apportare correzioni alle geometrie, garantendo un alto livello di accuratezza nella modellazione spaziale all'interno del progetto.

Ordine Layer – consente di gestire l'ordine di visualizzazione dei layer all'interno della mappa, determinando la sovrapposizione e la priorità con cui ogni layer viene renderizzato. Con questo strumento è possibile modificare l'ordine dei layer, decidendo quali debbano essere visualizzati in primo piano e quali, invece, posizionati sotto gli altri o temporaneamente nascosti. Questa funzionalità è essenziale quando si lavora con più layer sovrapposti, poiché permette di controllare la visibilità e l'importanza relativa di ciascun elemento nel progetto.

Panoramica – consente di navigare facilmente all'interno della mappa visualizzata, spostarsi in modo fluido e rapido con i comandi di **zoom** e **pan**. Fornisce, inoltre,

informazioni dettagliate sulla posizione attuale all'interno della mappa, come le coordinate geografiche e l'unità di misura utilizzata.

Scala Tassello – con questo strumento è possibile impostare la scala minima e massima di visualizzazione per il livello di zoom, il fattore di scala e la scala di riferimento del progetto. Queste impostazioni sono fondamentali per controllare la resa cartografica e garantire che i dati vengano visualizzati correttamente in base al livello di dettaglio desiderato, ottimizzando così la fruibilità e la leggibilità della mappa in diverse condizioni di visualizzazione.

Statistiche – fornisce un riepilogo dettagliato delle informazioni statistiche relative ai valori degli attributi di un layer, sia esso vettoriale o raster. Tra le statistiche disponibili figurano somma, media, valore minimo, massimo, deviazione standard e altri indicatori quantitativi essenziali per l'analisi dei dati.

Stile Layer – consente di modificare e personalizzare l'aspetto grafico di un layer all'interno del progetto. Mediante questo strumento si possono configurare diverse proprietà estetiche, quali i colori, la trasparenza, il pattern, le tratteggiate, le ombreggiature, oltre a regolare la dimensione dei simboli, il tipo di linea e l'opacità del layer. Queste funzionalità permettono di migliorare la chiarezza, la leggibilità e l'efficacia comunicativa della rappresentazione cartografica, rendendo i dati più comprensibili e visivamente coerenti con gli obiettivi del progetto.

Strumenti di Debugging/Sviluppo – offre un insieme di funzionalità avanzate dedicate agli sviluppatori. Questo ambiente consente di monitorare e diagnosticare il comportamento del software durante la fase di sviluppo, facilitando il testing di nuove funzionalità, l'individuazione e la risoluzione di bug nel codice, e l'ottimizzazione delle prestazioni complessive dell'applicazione. Tra gli strumenti disponibili vi sono funzioni per l'analisi dei dati, il controllo e la gestione dei plugin e la supervisione delle risorse di sistema, permettendo uno sviluppo più efficiente e un mantenimento più efficace del software.

Strumenti di Processing – consente di accedere a un ampio insieme di strumenti per l'analisi e l'elaborazione dei dati come ad esempio l'analisi spaziale, la creazione di buffer, il ritaglio (*clipping*) dei dati, il calcolo di statistiche, l'interpolazione di superfici, e molte altre funzioni avanzate. Grazie a questi strumenti, è possibile automatizzare processi complessi, integrare dati provenienti da diverse fonti e realizzare analisi dettagliate.

Visualizzatore risultati – visualizza i risultati derivanti da operazioni di analisi o interrogazioni geospaziali facilitando la comprensione, l'interpretazione e la verifica immediata dei dati prodotti. Grazie al visualizzatore, si può monitorare in tempo reale gli esiti delle elaborazioni, ottimizzando il flusso di lavoro e migliorando l'efficacia delle analisi cartografiche.

Per quanto riguarda le barre degli strumenti troviamo la:

Barra degli Strumenti di Aggancio – questa barra consente di configurare e attivare gli agganci del cursore del mouse ai singoli elementi presenti in un layer vettoriale. Tale funzionalità risulta particolarmente utile durante le operazioni di modifica dei dati geospatiali, poiché permette di selezionare con precisione punti, vertici, linee o poligoni senza la necessità di effettuare zoom eccessivi sul layer. Grazie agli agganci, l’interazione con gli elementi vettoriali diventa più accurata ed efficiente, migliorando la produttività e la qualità dell’editing spaziale.

Barra degli Strumenti di Digitalizzazione – consente di creare e modificare le geometrie dei dati vettoriali, nonché eseguire operazioni avanzate come tagliare, dividere e unire elementi vettoriali. Supporta inoltre la gestione di layer multiparte, permettendo di creare geometrie composte da più parti distinte. È anche possibile inserire manualmente coordinate precise per posizionare con accuratezza i vertici durante la digitalizzazione.

Barra degli Strumenti di Digitalizzazione Avanzata – permette di creare e di modificare i dati geospatiali in modo più rapido ed efficiente. Offre una serie di funzionalità avanzate per la digitalizzazione, ad esempio per creare poligoni, linee e punti con diverse opzioni di modifica e di personalizzazione. È utile per lavorare con i dati vettoriali, come la digitalizzazione di confini amministrativi, la creazione di mappe tematiche o la registrazione di dati sul campo.

Barra degli Strumenti di Digitalizzazione di Forme – è uno strumento fondamentale per la digitalizzazione di mappe e la creazione di nuovi elementi vettoriali, come punti, linee e poligoni. Permette di inserire manualmente dati geografici all’interno del progetto oppure di modificare elementi già esistenti, facilitando così l’editing e l’aggiornamento delle informazioni spaziali.

Barra degli Strumenti di Digitalizzazione di Mesh – fornisce un insieme di strumenti dedicati alla creazione, modifica e gestione dei dati raster a griglia. È particolarmente utile per lavorare con dati di elevazione o altri modelli spaziali continui. Tra le funzionalità principali vi è la possibilità di generare mesh di interpolazione a partire da dati esistenti, modificare i valori della griglia o creare nuove mesh basate su dati raster. La barra include anche strumenti avanzati per la visualizzazione e l’analisi delle mesh, come il clipping (che consente di ritagliare un layer in base ai confini di un altro layer), la generazione di istogrammi, e la classificazione dei valori all’interno della griglia, rendendo possibile un’analisi dettagliata e personalizzata dei dati spaziali.

Barra degli Strumenti di Selezione – raccoglie una serie di strumenti utili per selezionare elementi all’interno di un layer vettoriale o raster. Le selezioni possono essere effettuate in base a criteri spaziali, attributi o relazioni tra geometrie, offrendo così un’ampia flessibilità nelle operazioni di analisi e modifica. Gli strumenti principali includono:

- **Seleziona con un clic:** consente di selezionare un singolo elemento cliccando direttamente su di esso con il mouse.
- **Seleziona con rettangolo:** permette di selezionare più elementi disegnando un rettangolo sullo schermo.
- **Seleziona con poligono:** consente di disegnare manualmente un poligono per selezionare gli elementi contenuti al suo interno.
- **Seleziona per attributi:** seleziona gli elementi in base a specifici valori presenti nei campi attributo del layer.
- **Inverti selezione:** inverte la selezione attuale, selezionando gli elementi non selezionati e deselectando quelli già selezionati.
- **Cancella selezione:** rimuove la selezione corrente, deselectando tutti gli elementi selezionati.

Barra degli Strumenti GPS – offre una serie di strumenti utili per interagire con dispositivi GPS. È particolarmente utile durante le attività di rilievo sul campo o di monitoraggio ambientale, poiché permette di acquisire, registrare e visualizzare informazioni geospaziali in tempo reale, migliorando l'accuratezza e l'efficienza delle operazioni sul territorio.

Barra degli Strumenti per la Gestione delle Sorgenti Dati – consente di visualizzare e gestire in modo efficace tutte le sorgenti di dati presenti all'interno del progetto. Tramite questa barra, si può aggiungere, rimuovere, rinominare, ordinare e filtrare i layer, oltre a modificarne le proprietà, come il percorso o le impostazioni di visualizzazione. È inoltre possibile visualizzare le coordinate geografiche dei punti selezionati. In sostanza, questa barra rappresenta uno strumento fondamentale per organizzare e modificare con facilità i dati geospaziali all'interno del progetto, rendendo il lavoro più fluido e strutturato.

Barra degli Strumenti Raster – attraverso questa barra, è possibile eseguire operazioni come la classificazione dei pixel, il calcolo di statistiche, la creazione di profili altimetrici e molte altre analisi, rendendo più efficiente il lavoro con i dati raster.

Barra degli Strumenti relativi agli Attributi – consente di visualizzare, modificare e gestire i dati degli attributi associati agli elementi presenti sulla mappa. Tramite questa è possibile selezionare quali attributi visualizzare, filtrare i dati in base a criteri specifici, modificare i valori dei campi attributo ed eseguire diverse operazioni di analisi e di gestione, facilitando così l'interazione diretta con le informazioni alfanumeriche collegate agli oggetti geografici.

Barra dei Plugin – permette di estendere le funzionalità del software attraverso l'installazione e la gestione dei plugin. I plugin sono piccoli programmi aggiuntivi che ampliano le capacità di QGIS, offrendo strumenti e funzionalità utili per svolgere compiti specifici in modo più efficiente e personalizzato, a seconda delle esigenze.

Barra del Database – consente di connettersi e gestire database spaziali in modo semplice ed efficace. Attraverso questa barra è possibile accedere a diverse fonti di dati, come PostgreSQL, SQLite, Oracle, Microsoft® SQL Server e altri database supportati, per importare, visualizzare e modificare dati geospatiali direttamente all'interno del progetto. Oltre alla gestione delle connessioni, la barra permette di eseguire query SQL, creare viste, definire nuove tabelle e stabilire relazioni tra di esse, offrendo così un controllo completo sulla struttura e sui contenuti dei database utilizzati.

Barra del progetto – offre un accesso rapido alle principali funzionalità e opzioni per la gestione del progetto in uso. Quindi è possibile salvare il progetto, aprire o chiudere progetti esistenti, creare nuovi layer e impostare il sistema di riferimento delle coordinate. Inoltre, consente di accedere alle impostazioni di progetto, visualizzare le proprietà dettagliate, esportare il progetto in diversi formati e gestire i file di uscita.

Barra del Vettore – fornisce una serie di strumenti e opzioni per lavorare con i dati vettoriali, come shapefile, file geografici e database spaziali. Con questa barra è possibile accedere ai comandi per disegnare, digitalizzare ed editare le geometrie vettoriali, gestire le proprietà dei layer, eseguire query spaziali e generare output cartografici di alta qualità.

Barra della Guida – è una funzione che consente di digitare direttamente i comandi e le funzioni specifiche in un campo di testo anziché cercarle manualmente nei menu o nelle barre degli strumenti. In questo modo, si può risparmiare tempo e accedere rapidamente alle funzionalità di QGIS senza dover navigare nelle opzioni dei menu.

Barra delle Annotazioni – permette di aggiungere annotazioni testuali direttamente sulla mappa, fornendo informazioni aggiuntive, marcando punti di interesse o indicando punti di riferimento. Le annotazioni possono essere personalizzate con diversi stili, colori e dimensioni, offrendo così un modo efficace per arricchire la rappresentazione cartografica con dettagli utili e facilmente visibili.

Barra delle Etichette – consente di gestire l'etichettatura delle feature, ovvero degli elementi geografici rappresentati da punti, linee o poligoni, presenti sulla mappa. È possibile, quindi, definire il posizionamento, la formattazione e lo stile delle etichette, oltre a impostare regole di visualizzazione condizionale basate su attributi specifici. È inoltre possibile regolare l'allineamento e la trasparenza delle etichette, permettendo una personalizzazione completa e funzionale della loro presentazione.

Barra di Gestione dei Layer – è usata per gestire i diversi layer presenti in una mappa. Gli strumenti presenti danno la possibilità di visualizzare, aggiungere, rimuovere, riordinare e raggruppare i layer, oltre a modificarne le proprietà. Offre anche la possibilità di attivare o disattivare singoli layer per mostrare solo le informazioni desiderate e di regolare la trasparenza dei layer, facilitando così la sovrapposizione e l'organizzazione efficace dei dati geografici all'interno del progetto.

Barra Navigazione Mappa – contiene gli strumenti per spostarsi all'interno della mappa, eseguire zoom, misurare distanze e identificare le coordinate di punti specifici. Questa barra è fondamentale per navigare agevolmente all'interno dei progetti, facilitando l'esplorazione e l'analisi dei dati spaziali.

Barra Web – integra un'applicazione web che consente di visualizzare, acquisire e analizzare dati spaziali provenienti da servizi GIS online come WMS (Web Map Service), WFS (Web Feature Service), WCS (Web Coverage Service) e altri. Grazie a questa barra, è possibile caricare, visualizzare e interagire con mappe e dati da diverse fonti web direttamente all'interno dell'interfaccia di QGIS.

È importante notare che la disponibilità dei pannelli e delle barre può variare in base alla versione di QGIS utilizzata e ai plugin installati.

Opzioni per l'ambiente di lavoro

Nel menu **Impostazioni** si trova la voce **Opzioni**, che apre una finestra dove è possibile configurare e personalizzare diverse funzionalità offerte dal programma. L'interfaccia è organizzata in modo semplice e intuitivo: a sinistra è presente un elenco di gruppi principali, ciascuno suddiviso in sottogruppi, come segue.

Il gruppo **Generale** comprende diverse sezioni:

- **Sovrascrivi la lingua di sistema**, che consente di forzare l'interfaccia in una lingua diversa da quella rilevata automaticamente dal sistema operativo, opzione che, per impostazione predefinita, viene gestita automaticamente dal programma.
- **Applicazione**, dove si definiscono lo stile dell'interfaccia, il tema dei colori, la dimensione delle icone, il tipo e la dimensione del carattere, il tempo di visualizzazione dei messaggi, la possibilità di nascondere la schermata di avvio, la visualizzazione dei feed delle notizie relative a QGIS nella pagina di benvenuto, il controllo della versione all'avvio e l'uso delle finestre di dialogo native per la selezione dei colori.
- **File Progetto**, che contiene opzioni relative all'apertura e al salvataggio dei progetti, come la scelta di mostrare la pagina di benvenuto, aprire un progetto recente o crearne uno nuovo all'avvio, oltre a impostazioni per la gestione delle versioni dei file e la definizione del formato del file di progetto.

Il gruppo **Sistema** include:

- **Percorsi SVG**, per aggiungere o rimuovere i percorsi di ricerca dei file SVG (Scalable Vector Graphics).
- **Percorsi dei Plugin**, per gestire i percorsi di ricerca dei plugin installati.
- **Percorsi della Documentazione**, che consente di configurare i percorsi per le guida o i manuali di QGIS.

- **Impostazioni**, con i comandi per la funzione di ripristino delle impostazioni pre-definite.
- **Ambiente**, dove si definiscono le variabili utente e di ambiente in uso.

Il gruppo **Profili Utenti** permette di selezionare il profilo da utilizzare all'avvio del programma, con la possibilità di assegnare un'icona identificativa al profilo attivo.

Il gruppo **SR e Trasformazioni** riguarda la gestione dei sistemi di riferimento:

- **SR per i Progetti**, assegna il sistema di riferimento iniziale del progetto.
- **SR per i Layer**, definisce il sistema di riferimento per i layer, una scelta fondamentale per stabilire quale proiezione assegnare a un layer nuovo o privo di riferimento.
- **Avvertenza sull'Accuratezza**, mostra gli avvisi quando si superano i limiti predefiniti.
- **Trasformazioni di Coordinate**, gestisce le operazioni per convertire dati da un sistema di riferimento a un altro.
- **SR Definito dall'Utente**, permette di creare nuovi sistemi di riferimento geografico personalizzati.

A questi gruppi si affiancano le seguenti sezioni:

- **Sorgenti Dati**, consente di definire le modalità di gestione degli attributi delle tabelle e altre impostazioni relative ai dati.
- **Visualizzazione**, dove è possibile scegliere se mostrare automaticamente i nuovi layer aggiunti alla mappa.
- **Mappa & Legenda**, personalizzazione del colore di selezione degli elementi, quello per lo sfondo della mappa, definire le dimensioni minime e massime dei simboli nella legenda, ecc.
- **Strumenti di Mappa**, offre le opzioni per configurare il raggio di ricerca per l'identificazione degli elementi, le proprietà dello strumento di misura, il formato e l'orientamento delle coordinate, il fattore di ingrandimento e la definizione di rapporti di scala predefiniti.
- **Elevazione**, possibilità di impostare il colore di sfondo per i dati in tre dimensioni.
- **3D**, qui si possono configurare il tipo di proiezione (prospettica o ortogonale), l'angolo di campo visivo, la modalità di navigazione, la velocità di movimento e l'inversione dell'asse verticale.
- **Colori**, permette di creare e gestire le mappe dei colori personalizzate.
- **Caratteri**, fa da archivio per i tipi di carattere, permettendo di recuperare quelli mancanti usati nel progetto.
- **Layout**, è dedicato alla configurazione del carattere, dello stile del reticolo, della spaziatura e della tolleranza di aggancio delle guide per l'allineamento degli elementi.
- **Variabili**, è disponibile l'elenco completo delle variabili di QGIS, tra cui la versione del software, il sistema operativo, l'utente e le altre informazioni di sistema.

- **Autenticazione**, gestisce i sistemi di autenticazione necessari per apportare modifiche a QGIS.
- **Rete**, contiene le impostazioni per la connessione alle reti web.
- **GPS**, permette di configurare le impostazioni per la connessione ai dispositivi GPS.
- **Processing**, assegna le impostazioni per i menu, i modelli, gli script e le librerie esterne come GDAL (Geospatial Data Abstraction Library) e GRASS (Geographic Resources Analysis Support System).

In aggiunta alle opzioni elencate, sono disponibili altre funzionalità specifiche che variano a seconda della versione di QGIS utilizzata e dei plugin installati. Quanto riportato si riferisce esclusivamente alle opzioni presenti nella versione analizzata al momento della redazione del testo.

Strumenti di geoprocessing

Gli strumenti di geoprocessing comprendono una serie di funzionalità essenziali per la modifica e l'analisi dei dati geografici spaziali.

Tra le operazioni principali offerte vi sono il *buffer*, che crea un'area di influenza attorno a un punto, una linea o un poligono; l'*intersezione* e l'*unione* di geometrie; il *dissolve*, utilizzato per unire feature adiacenti basate su attributi comuni; il *clip*, che consente di ottenere nuove feature dall'intersezione di due o più elementi esistenti; il *merge*, per combinare più dataset geografici in un unico insieme; e il *join*, che permette di integrare dati provenienti da fonti diverse in base a criteri comuni, oltre a molte altre funzioni. Questi strumenti sono fondamentali per svolgere analisi spaziali complesse e per estrarre informazioni significative dai dati. È possibile accedere agli strumenti di geoprocessing tramite il menu contestuale che si apre con il tasto destro sulla barra degli strumenti oppure selezionando direttamente il comando dedicato nella relativa sezione del programma.



Figura 1.3. Barra degli Strumenti principali

In entrambi i casi, sulla destra compare il pannello degli **Strumenti di Processing**, dove sono raccolti tutti gli strumenti implementati in QGIS, nonché quelli delle librerie GDAL e GRASS, organizzati secondo la seguente struttura:

Analisi di Reti – contiene gli strumenti dedicati all’analisi della connettività e della struttura delle reti di trasporto, quali strade, ferrovie, fiumi, piste ciclabili e simili. Questi strumenti sono utilizzati per risolvere problemi di *routing* (riferito al processo di calcolo del percorso ottimale o più efficiente tra due o più punti su una rete geografica), calcolare distanze e tempi di percorrenza, identificare punti critici o di congestione, ottimizzare percorsi e supportare la pianificazione degli interventi di manutenzione.

Analisi geomorfologica – uno strumento fondamentale per lo studio della morfologia del terreno e dei processi di modellamento del paesaggio. Fornisce informazioni dettagliate sulle caratteristiche morfologiche del territorio, quali altitudine, pendenza ed esposizione, e consente di identificare le diverse forme del rilievo. Inoltre, permette di realizzare mappe tematiche dettagliate che rappresentano in modo accurato le caratteristiche morfologiche del terreno, risultando particolarmente utile per professionisti impegnati nella pianificazione territoriale e nella gestione ambientale.

Analisi raster – include gli strumenti dedicati alle operazioni statistiche, geometriche e topologiche sui dati raster, consentendo un esame approfondito delle informazioni contenute in tali dati. Questi strumenti permettono di estrarre elementi significativi, identificare modelli e tendenze oltre a svolgere valutazioni quantitative e qualitative del territorio.

Analisi vettore – comprende gli strumenti necessari per eseguire operazioni analitiche sui dati vettoriali, come la creazione di buffer attorno alle feature, il calcolo delle distanze tra elementi geografici, la generazione di aree tampone, l’intersezione tra feature e molte altre funzionalità. Questo tipo di analisi permette di esplorare e interpretare i dati geografici in modo chiaro e approfondito, offrendo un’ampia gamma di strumenti per ottenere informazioni utili.

Cartografia – raccoglie un insieme di strumenti indispensabili per la creazione di mappe dettagliate, precise e ricche di informazioni. Tra le funzionalità offerte vi sono l’allineamento preciso dei punti, la colorazione topologica, la combinazione di più database di stile, la personalizzazione delle opzioni di esportazione, l’estrazione delle etichette e molte altre funzioni utili per ottenere rappresentazioni cartografiche di alta qualità.

Conversione nuvola di punti – consente di trasformare una serie di coordinate individuali in un file vettoriale, rendendolo così visualizzabile, analizzabile e modificabile all’interno del software. Questo strumento permette di creare mappe tematiche, calcolare statistiche sui dati e svolgere analisi spaziali avanzate, ampliando le possibilità di gestione e interpretazione delle informazioni geospaziali.

Coverage vettoriale – permette di rappresentare i dati geografici utilizzando modelli vettoriali quali punti, linee e poligoni. Tra gli strumenti disponibili vi sono le funzioni

Dissolvi, Semplifica e Valida. La funzione **Dissolvi** permette di unire poligoni adiacenti che condividono lo stesso attributo, **Semplifica** riduce la complessità geometrica dei poligoni diminuendo il numero di vertici, mentre **Valida** corregge eventuali errori geometrici presenti nei dati. Questi strumenti sono fondamentali per ottimizzare la visualizzazione, semplificare la geometria e garantire la correttezza dei dati vettoriali, elementi essenziali per un’analisi spaziale accurata ed efficace.

Creazione raster – comprende gli strumenti necessari per introdurre elementi di causalità o variabilità nei dati raster, utili a diverse finalità analitiche e progettuali. Tra le applicazioni vi sono la generazione di dati di test per analisi e modellazione spaziale, la creazione di mappe di sfondo casuali per scopi visuali e l’applicazione di variazioni casuali su raster esistenti, permettendo così di simulare condizioni imprevedibili o scenari di confronto all’interno di processi di modellazione.

Creazione vettore – è dedicata agli strumenti per le analisi spaziali e per la generazione di layer di punti di prova, impiegati nel testing di algoritmi o modelli. Tra le principali operazioni disponibili vi sono la conversione di una selezione di punti da formato raster a vettoriale tramite l’array di punti da pixel a raster, la trasformazione da pixel a raster per creare una griglia di punti all’interno di una regione definita, fondamentale per analisi spaziali e modellazione del territorio. È inoltre possibile convertire punti in percorsi, collegando una serie di punti in un ordine specifico per calcolare distanze o creare reti di percorsi. Infine, lo strumento permette la generazione di punti casuali o regolari su una determinata area o griglia predefinita, offrendo flessibilità nella creazione di dati di prova.

Database – raccoglie gli strumenti dedicati alle operazioni sui database, consentendo una gestione efficiente e strutturata dei dati. Questo processo facilita l’organizzazione, l’analisi e la manipolazione delle informazioni geografiche all’interno del database. Inoltre, l’impacchettamento dei layer in un database favorisce la condivisione dei dati tra utenti, garantendo un flusso di lavoro più semplice, ordinato e collaborativo.

Estrazione nuvola di punti – include gli strumenti dedicati all’analisi della distribuzione spaziale dei punti all’interno di un’area specifica, utili per identificare pattern ricorrenti o cluster, ovvero gruppi di dati geografici raggruppati in base a caratteristiche o attributi simili. Questo tipo di analisi consente di individuare aree ad alta concentrazione di punti o eventuali discontinuità nella distribuzione spaziale. Il processo di estrazione consiste nel selezionare i punti situati all’interno di un’area definita da un poligono o da un altro confine geografico, calcolando la densità dei punti per valutare la frequenza con cui essi sono distribuiti nell’area selezionata. L’applicazione di filtri consente di escludere i punti non rilevanti o che non soddisfano specifici criteri, permettendo così di focalizzarsi esclusivamente sui dati più significativi per l’analisi in corso.

Generale vettore – raccoglie diverse funzionalità essenziali per la gestione e la manipolazione dei dati vettoriali. Tra le principali operazioni disponibili vi sono: **Unire**

attributi per campo, che consente di combinare due layer vettoriali basandosi su un campo comune; **Assegna proiezione**, per attribuire un sistema di riferimento geografico al layer vettoriale; **Crea indice attributo**, che permette di creare un indice per gli attributi migliorando le prestazioni nelle interrogazioni; **Elimina geometrie duplicate**, utile per rimuovere geometrie ripetute all'interno del dataset; e infine **Esporta layer in DXF**, che consente di esportare il layer vettoriale nel formato DXF per l'utilizzo in software CAD, tra le altre funzionalità disponibili.

Geometria vettore – offre strumenti avanzati per lavorare con dati vettoriali di tipo punto, linea e poligono. Consente di eseguire un'ampia gamma di operazioni, tra cui analisi spaziali, editing geometrico, calcolo di distanze e aree, creazione di buffer, operazioni di overlay e molte altre funzioni essenziali per la gestione e l'analisi delle geometrie vettoriali.

Gestione dei dati della nuvola dei punti – fornisce strumenti specifici per manipolare e analizzare dati 3D rappresentati da un insieme di punti nello spazio tridimensionale. Questa utilità consente di eseguire operazioni quali l'importazione e l'esportazione dei dati, la pulizia e la correzione di errori, la creazione di nuove feature e l'implementazione di analisi tridimensionali avanzate, fondamentali per una gestione efficace e dettagliata delle informazioni spaziali 3D.

GPS – comprende gli strumenti dedicati all'integrazione e alla gestione dei dati provenienti da dispositivi GPS, consentendo l'acquisizione, la visualizzazione e la sincronizzazione delle informazioni geospaziali raccolte in campo.

Grafici – offre gli strumenti dedicati alla rappresentazione visiva dei dati geografici elaborati, facilitando l'interpretazione attraverso grafici chiari e intuitivi. Questi strumenti sono fondamentali per individuare tendenze, pattern e relazioni significative all'interno dei dataset geografici.

Interpolazione – raccoglie gli strumenti più comuni per stimare i valori intermedi tra dati spazialmente distribuiti e noti. Tra le tecniche disponibili si trovano la **Densità lineare**, utilizzata per calcolare la densità di una determinata caratteristica, come strade o corsi d'acqua, lungo una specifica lunghezza; l'**IDW** (Inverse Distance Weighting), che stima i valori intermedi ponderando la distanza dai punti noti; il **TIN** (Triangulated Irregular Network), che genera una superficie triangolata a partire da punti noti; infine, la **Mappa di concentrazione (stima densità kernel)**, che consente di visualizzare la distribuzione spaziale dei dati per identificare le aree di maggiore concentrazione.

Mesh – fornisce gli strumenti specifici per la creazione e la gestione di rappresentazioni tridimensionali basate su insiemi di dati puntuali. Questi strumenti sono particolarmente utili per la modellazione del terreno o di superfici complesse, permettendo di costruire strutture a griglia che rappresentano in modo accurato l'elevazione, la morfologia o altri parametri spaziali distribuiti.

Selezione vettore – comprende gli strumenti dedicati alla selezione, al filtraggio, all’analisi e all’estrazione dei dati spaziali all’interno di un dataset vettoriale. Queste funzionalità permettono di isolare specifici elementi geografici in base a criteri spaziali o attributi, facilitando operazioni di analisi mirata e l’elaborazione di sottoinsiemi di dati rilevanti per lo studio o il progetto in corso.

Sovrapposizione vettore – offre un set di strumenti di analisi spaziale utili per modificare e combinare i dati geografici in modo avanzato. Tra le funzionalità principali vi sono: **Differenza**, che consente di confrontare due layer restituendo una nuova geometria basata sulle aree non sovrapposte; **Differenza multipla**, che estende la stessa logica al confronto tra più layer; e **Differenza simmetrica**, che genera le geometrie presenti in uno solo dei layer confrontati, escludendo le aree comuni. Lo strumento **Dividi con linee** permette di suddividere una geometria utilizzando una serie di linee di taglio, mentre **Estrai/Ritaglia da estensione** consente di isolare una porzione specifica di un layer servendosi di un’altra geometria come maschera spaziale. Con **Intersezione** si ottiene la porzione di territorio comune tra due o più layer, mentre **Ritaglia** taglia un layer sulla base di una geometria di riferimento. Infine, **Unione** combina due o più layer in un unico layer, mantenendo tutte le geometrie e i relativi attributi.

Strumenti file – include la funzione **Scarica file**, che consente di acquisire dati da una varietà di fonti online. Questo strumento facilita l’importazione di file direttamente da URL o servizi remoti, permettendo di integrare rapidamente risorse esterne all’interno del progetto GIS in uso.

Strumenti layer – include funzionalità utili per estrarre le coordinate dei limiti spaziali di un layer, ovvero i valori minimi e massimi delle coordinate X e Y che definiscono l’estensione geografica coperta dal layer. Queste informazioni possono essere esportate in formato tabellare, ad esempio su un foglio di calcolo, per ulteriori analisi o documentazione.

Strumenti raster – mette a disposizione diverse funzionalità per la gestione e l’elaborazione dei dati raster. Tra queste, **Allinea** consente di correggere l’allineamento spaziale di due raster riportandoli sulle coordinate geografiche corrette; **Genera tasselli XYZ** permette di suddividere un raster in celle di dimensioni predefinite, utili per la gestione e la visualizzazione su piattaforme web; infine, **Riempì celle NoData** consente di interpolare i valori mancanti in un raster, utilizzando le informazioni delle celle adiacenti per ottenere una copertura continua dei dati.

Tabella vettore – fornisce strumenti per la gestione avanzata delle tabelle attributi dei layer vettoriali. Consente di aggiungere, modificare, eliminare o rinominare i campi presenti, oltre a offrire la possibilità di convertire il formato dei campi, ad esempio da testo a numerico, per garantire una corretta interpretazione e analisi dei dati.

Tasselli 3D – include due strumenti specifici per la gestione e la conversione di modelli tridimensionali all’interno di QGIS. La funzione **Converti GLTF in elementi**