

An aerial photograph of a coastal area, showing a road and buildings along the shoreline. The image is in black and white with a high-contrast, grainy texture.

**Corso base - Sistemi Informativi Territoriali
con l'utilizzo di strumenti open source**

DISPENSA n. 1

**CENNI INTRODUTTIVI SUI SISTEMI
INFORMATIVI TERRITORIALI**

Docente: ing. Ernesto Sferlazza

Cenni introduttivi sui Sistemi Informativi Territoriali

Introduzione

A partire dagli inizi degli anni Novanta del secolo scorso, l'avvento e la diffusione di programmi di tipo *desktop mapping* ha dato un notevole impulso alla diffusione dei GIS (acronimo di *Geographic Information Systems* – Sistemi Informativi Geografici).

Tuttavia la maggior parte dei professionisti che nello svolgimento della propria attività abbia occasione di cimentarsi con cartografie e dati geografici (o dati spaziali in genere), ancor oggi continua ad utilizzare un approccio tipico dei sistemi di disegno assistito da calcolatore (*Computer Aided Design*) per le proprie elaborazioni.

I metodi e gli strumenti del CAD, essenzialmente finalizzati al disegno, si rivelano molto meno efficaci rispetto a quelli propri dei GIS per molti scopi che implicano l'utilizzo di dati spaziali

I GIS, detti talvolta SIT (acronimo di Sistemi Informativi Territoriali)⁽¹⁾ fanno parte della classe più generale dei Sistemi Informativi e da questi deriva la capacità di acquisire, memorizzare in forma strutturata, analizzare, visualizzare dati, elaborare informazioni e produrre tabulati riepilogativi (*report*).

I Sistemi Informativi Geografici, integrando la capacità di trattare la componente geometrica dei dati geografici con le funzionalità proprie dei DBMS (acronimo di *Data Base Management System* - Sistemi di Gestione delle Basi di Dati) consentono di gestire anche la componente informativa (non spaziale) associata a ciascun singolo elemento.

I GIS, inoltre, estendono le funzionalità di interrogazione ed analisi proprie dei Sistemi Informativi tradizionali anche alla componente geometrica delle entità cartografiche, per cui sono particolarmente adatti per condurre analisi spaziali automatizzate, che tengono conto anche della **topologia** e cioè dell'insieme delle regole che definiscono le relazioni reciproche tra gli elementi spaziali (connessione, continuità, adiacenza, inclusione, vicinanza, etc.).

Pertanto, la principale caratteristica che li differenzia dalla classe madre consiste nella possibilità di gestire dati geografici, spazialmente riferiti alla superficie terrestre (*georeferenziati*) ed analizzarli con specifiche funzionalità di *analisi spaziale*, nonché di produrre, in aggiunta ai report in forma testuale e tabellare, anche elaborati cartografici (mappe).

Generalmente un Sistema Informativo Territoriale nasce all'interno di un contesto organizzativo medio o grande (Ente, Società), per il perseguimento di particolari obiettivi..

In tale tipologia di contesto, la sua implementazione comporta il coinvolgimento di più figure professionali, dal cartografo all'analista di sistemi informatici, coordinati da una nuova figura professionale: quella dell' "esperto GIS".

Fino al recente passato era indispensabile poter disporre di congrue risorse, finanziarie e intellettuali per impiantare un SIT e per mantenere costantemente aggiornate le diverse componenti che costituiscono un SIT: **hardware**, **software** (di base e dedicato), **procedure**, **personale** addetto e **archivio** di dati geografici.

Altri ostacoli alla diffusione capillare dei GIS presso le piccole realtà organizzative potevano essere individuati nei costi occorrenti per l'acquisto degli applicativi e per provvedere alla formazione necessaria per un loro corretto utilizzo, nonché nella scarsa disponibilità di dati geografici liberi o a basso costo e di buona qualità.

¹ Esistono, in letteratura, numerosissime definizioni di SIT e di GIS, ciascuna delle quali pone in risalto uno o più aspetti attinenti l'uso e la composizione dei sistemi informativi in questione, anche in dipendenza del contesto culturale in cui i siffatti sistemi sono utilizzati. Diversi autori, in particolare nel contesto italiano, differenziano i SIT dai GIS, definendo questi ultimi come la componente tecnologica del Sistema.

Ciò ha fatto sì che, troppo spesso, l'impegno necessario per dotarsi di strumentazione idonea, acquisire il necessario *know-how* e costituire un archivio di dati geografici, sia stato valutato economicamente poco conveniente, almeno in assenza di forti motivazioni a favore.

Permangono, inoltre, alcune inerzie di carattere culturale. Talvolta la stessa formazione universitaria si è dimostrata carente in tal senso, laddove non si è dato il giusto spazio alle discipline del rilevamento territoriale e ambientale, quali la topografia nelle sue espressioni più moderne, la fotogrammetria analitica e digitale, il telerilevamento, la cartografia numerica, i GIS, integrate in un approccio multidisciplinare nell'ambito del quale l'informatica assume un ruolo determinante e che costituiscono oggetto di studio della *Geomatica*.

Oggi, per alcuni aspetti, il contesto è radicalmente mutato: diversi fattori concomitanti, quali l'abbassamento dei costi dell'hardware e del software, contestuale ad un aumento delle prestazioni e della semplicità d'uso, la disponibilità di dati geografici facilmente accessibili, l'espansione delle funzionalità e dei servizi forniti attraverso Internet, hanno di fatto azzerato le ultime barriere di carattere economico che limitavano la diffusione dell'approccio GIS al trattamento dei dati spaziali.

Di conseguenza il tecnico, che sia professionista o pubblico dipendente (ci si riferisce in generale a tutte le figure professionali che operano nei campi dell'Architettura, della Pianificazione territoriale, dell'Ingegneria, delle Scienze della Terra e delle diverse discipline oggetto della Geomatica) ha già potenzialmente a disposizione tutti i mezzi per poter gestire dati geografici con i metodi propri del GIS.

L'estensione della "*cultura del GIS*" ad una più vasta platea di liberi professionisti rende disponibili a questi ultimi nuove metodologie di analisi dei dati spaziali, con miglioramento dell'efficienza, intesa come minor dispendio di tempo e di risorse impiegate rispetto a procedure di lavoro "tradizionali", nonché dell'efficacia, vista come la possibilità di poter effettuare nuove elaborazioni che precedentemente erano ritenute troppo complesse o addirittura non erano neanche prese in considerazione (ad esempio talune tipologie di analisi spaziale).

D'altro canto anche le stesse organizzazioni presso cui è implementato un Sistema Informativo Territoriale traggono vantaggio dal fatto che gli elaborati prodotti su supporto informatico dai soggetti esterni che con essa interagiscono siano già in un formato "*GIS ready*", cioè pronti per essere inseriti, dopo le necessarie operazioni di validazione, nella banca dati del SIT, senza dover ogni volta procedere nuovamente alla trafila delle operazioni di acquisizione, digitalizzazione, georeferenziazione, strutturazione del modello, normalmente necessarie per l'implementazione nel Sistema.

Per quanto concerne i costi, inizialmente può essere necessario un investimento minimo, sufficiente per dotarsi di una strumentazione hardware di base costituita da un Personal Computer di caratteristiche standard ed un collegamento veloce ad Internet, a patto di acquisire preventivamente conoscenza degli elementi essenziali riguardanti la geodesia e la cartografia di base, nonché delle nozioni introduttive sui GIS (tutta la documentazione può essere facilmente reperita su Internet).

Senza voler demonizzare il software commerciale (il costo d'acquisto non è l'unico fattore da prendere in considerazione per valutare la convenienza economica di un prodotto), esistono diverse alternative *Open Source* con caratteristiche prestazionali realmente competitive e che per tale motivo sono state adottate anche da diversi Enti della Pubblica Amministrazione.

Allo stato attuale la migliore alternativa Open Source al software commerciale più diffuso (Esri) è rappresentata da Qgis (<https://www.qgis.org/it/site/>)

Nel repertorio software di chi vuole operare da specialista in ambiente GIS non può mancare il pacchetto di strumenti a linea di comando GDAL/OGR, che include strumenti per leggere,

modificare e creare dati spaziali raster (GDAL) e vettoriali (OGR), nonché PROJ.4, la libreria di sistemi di proiezione ed utility per operazioni inerenti i sistemi di riferimento terrestri.²

Infine la possibilità offerta da diversi software GIS di convertire nel formato KML (*Keyhole Markup Language*) i dati spaziali vettoriali, consente di poter presentare e condividere questi ultimi con altri utenti, anche non tecnici, attraverso l'interfaccia di *Google Earth*[®], la potentissima applicazione web che ha rivoluzionato il modo di presentare i dati geografici ad un pubblico vastissimo, distribuito sull'intero globo terrestre ovunque sia disponibile una connessione veloce ad Internet.

Un'ulteriore “novità” riguarda la disponibilità dei dati geografici.

Infatti, accanto ai formati raster e vettoriali (di cui si dirà in appresso) strutturati in *file* e memorizzati nella memoria di massa dei computer, oggi gran parte della cartografia di base è liberamente disponibile, sotto forma di servizi web-cartografici, in formati standard liberi (WMS, WFS, WCS), fruibili attraverso la maggior parte delle interfacce desktop GIS, ovvero in formati proprietari (ArcIMS, ArcGIS Server, KML).

Per i dati geografici da utilizzare “in locale” (cioè memorizzati nella memoria di massa di un computer della rete locale su cui si opera), alcuni sono liberamente scaricabili dai siti istituzionali (es. ISTAT, Province, Regioni), altri possono essere forniti direttamente dai Committenti pubblici ai professionisti dagli stessi incaricati, mentre per quelli disponibili a pagamento talvolta l'acquisto può risultare enormemente più conveniente valutandone la convenienza in termini di risparmio di tempo e di denaro rispetto ad un rilievo ad-hoc.

² In calce alla presente dispensa vengono fornite le istruzioni per installare in unica soluzione, mediante il pacchetto OSGeo4w, sia Qgis che gli strumenti a linea di comando e le librerie di GDAL/OGR (che potranno rivelarsi utili in seguito)

Componenti di un GIS

Nei GIS si possono individuare, schematicamente, i seguenti componenti:

- **basi di dati** informatizzate, nelle quali vengono memorizzati in forma strutturata dati che si riferiscono ad oggetti del mondo reale e che possono essere sia di tipo *aspaziale*, cioè che non dipendono in alcun modo da un contesto geografico, sia di tipo *spaziale*, i quali a loro volta possono essere di tipo discreto (rappresentabili nello spazio in maniera netta, con contorni ben definiti, come avviene per esempio per poligoni, linee e punti), o di tipo continuo, per rappresentare entità del mondo reale che variano con continuità nello spazio, come ad esempio la quota del terreno, la pressione atmosferica o un campo di temperature. Un caso particolare di dati di tipo continuo è rappresentato dalle immagini telerilevate che, mediante tecniche di fotointerpretazione più o meno sofisticate (dalla semplice visualizzazione alle tecniche di classificazione assistite da calcolatore), consentono di estrarre innumerevoli informazioni. Da un punto di vista semantico in un database geografico si possono riscontrare dati relativi alla descrizione fisica della superficie terrestre (altimetria, viabilità, reticolo delle acque superficiali, edificato, etc.), alla descrizione del suolo e del sottosuolo (uso reale, caratteristiche pedologiche, caratteristiche geologiche, dissesti, idrogeologia, etc.) dati di tipo amministrativo (catasto terreni, destinazioni urbanistiche dei suoli, delimitazioni amministrative, sezioni censuarie, etc.);

- **Hardware**, comprendente le apparecchiature informatiche: computer, stampanti, scanner e periferiche in genere, collegamenti e apparecchiature di rete. Le caratteristiche minime che si richiedono per poter garantire una discreta produttività sono: monitor con schermi di grandi dimensioni, la disponibilità di una congrua memoria di massa, tale da poter contenere la base di dati su cui opera il SIT, plotter e scanner di grande formato, capacità elaborative adeguate, secondo le specifiche indicate negli stessi pacchetti sw che si intende utilizzare. Come regola generale, è opportuno ricorrere a soluzioni sufficientemente consolidate sia dal punto di vista tecnologico che commerciale;

- **software**, comprendente oltre ai programmi “di base” (gestione documenti di testo, fogli elettronici di calcolo, editor di immagini) anche sistemi di gestione di basi di dati (DBMS), nonché, in particolare, moduli specifici per la gestione di dati spaziali, come pacchetti GIS e programmi di trattamento ed analisi di immagini telerilevate

Detti moduli vanno selezionati in base alle funzionalità richieste dalle attività da svolgere nell'ambito del SIT (produzione di cartografia, gestione di servizi tecnologici, gestione urbanistica, catasto, analisi spaziali, classificazione di dati telerilevati, divulgazione sul web, etc.). La scelta tra un sw di tipo commerciale ed uno di tipo *open source* va effettuata tenendo presente le esigenze di produttività, la disponibilità di personale specializzato in grado di gestire il sistema, nonché fattori economici. Nella valutazione di questi ultimi, oltre al costo di acquisto (trasformato in ammortamenti) e di manutenzione, bisogna considerare anche il costo per eventuali personalizzazioni e per l'implementazione di funzionalità specifiche non incluse nei pacchetti base, il costo per l'addestramento del personale, nonché il tempo (che, in termini economici, rappresenta un costo) necessario per realizzare i “prodotti” del GIS (mappe, analisi, elaborazioni, etc.). Altri elementi di valutazione sono la diffusione sul “mercato” (garanzia di assistenza nel tempo e utilizzo di standard consolidati) e le caratteristiche di *interoperabilità*,³ al fine di agevolare lo scambio di dati con altre strutture che operano su piattaforme GIS differenti, riducendo al minimo le operazioni di conversione. Talvolta può risultare utile mantenere soluzioni ibride, ove coesistono pacchetti commerciali insieme a pacchetti *open source*;

³ Per interoperabilità si intende la possibilità, per due o più entità (sistemi, applicazioni, dataset, etc.) di comunicare e cooperare senza conflitti di sistema o di contenuto; l'interoperabilità comporta la possibilità di leggere differenti formati di dati, di accedere a banche dati diverse, di interagire con software anche di produttori diversi, superando i vincoli tecnici imposti da sistemi e strutture dati preesistenti.

• **metodi**, ovvero l'insieme di regole, criteri, procedure operative inerenti le attività che si svolgono nell'ambito di un GIS, dall'acquisizione del dato alla produzione di rapporti di sintesi e all'interfacciamento con gli utenti finali;

• **persone**: comprende sia lo staff di tecnici e specialisti che disegnano e gestiscono il sistema, sia gli utenti che utilizzano le funzionalità del GIS in maniera non occasionale e concordata con l'organizzazione, ai quali siano stati assegnati compiti ben definiti, come ad esempio produrre output per l'utenza finale o inserire dati per l'aggiornamento del *database*. In tal senso può considerarsi integrato nella componente umana del SIT il tecnico comunale al quale sia stato assegnato un terminale cui accede per produrre certificati di destinazione urbanistica con procedura interna al SIT, mentre non lo è il tecnico che, pur utilizzando elaborati prodotti dal SIT, li assembli autonomamente per produrre lo stesso certificato.

Perché il GIS?

Non tutto ciò che riguarda il trattamento delle informazioni territoriali implica necessariamente un approccio attraverso il GIS.

Un caso emblematico riguarda la produzione di cartografia numerica, che spesso risulta più orientata alla rappresentazione finale della carta, piuttosto che al riconoscimento automatico degli oggetti mediante l'uso degli elaboratori elettronici, caratteristica peculiare, quest'ultima, dei sistemi informativi territoriali.

La differenza principale tra l'approccio "*CAD oriented*" e quello "*GIS oriented*" risiede proprio nella modalità di riconoscimento degli oggetti rappresentati dalle primitive grafiche utilizzate per modellare il mondo reale.

Ad esempio, per disegnare una strada in una cartografia di tipo CAD vengono utilizzate, per i tratti extraurbani, le due linee che rappresentano i cigli stradali che delimitano la carreggiata, mentre addentrandosi nel centro urbano vengono disegnati solamente gli edifici che si affacciano sulla strada: in altre parole, la strada, nel modello CAD, può anche non essere rappresentata come entità a sé stante: occorre necessariamente l'interpretazione umana per riconoscere nella particolare disposizione degli elementi grafici l'oggetto in questione.

In una cartografia finalizzata all'utilizzo in ambito GIS, invece, l'oggetto reale "strada" viene tradotto, nel modello digitale, in un'entità grafica di tipo lineare, che rappresenta l'asse della carreggiata, cui vengono associati diversi attributi (denominazione, larghezza della carreggiata, tipo di pavimentazione, e così via). Il tutto viene memorizzato in apposite strutture di dati in un "database topografico", gestibile attraverso gli strumenti software del GIS.

Un'altra differenza tra l'approccio CAD e quello GIS è che il primo generalmente si presta meglio a rappresentare la reale geometria degli oggetti del territorio, mentre il secondo si presta alla loro rappresentazione simbolica, per cui è più adatto, considerando tale aspetto, per la realizzazione di carte tematiche.

Considerare un GIS come uno strumento per la produzione di mappe è, tuttavia, fortemente limitativo e non giustificherebbe gli sforzi organizzativi che esso implica per la sua realizzazione, messa a punto e gestione.

Infatti si possono produrre carte tematiche qualitativamente eccellenti da un punto di vista grafico utilizzando software (ad esempio "Corel Draw") in grado di manipolare immagini, testi ed elementi grafici vettoriali, prescindendo dalla eventuale georeferenziazione dei dati che vengono trattati.

Le motivazioni che conducono a preferire un approccio mediante il GIS nel trattamento delle informazioni territoriali sono essenzialmente altre, tra cui:

- la georeferenziazione, che permette tra l'altro di isolare i dati rispetto allo sfondo cartografico, di integrarli immediatamente con altri dati dello stesso tipo acquisiti in tempi diversi o da soggetti differenti o con dati spaziali di tipo differente. La georeferenziazione elimina i problemi connessi alla necessità di “riposizionare” la componente spaziale degli oggetti ogni volta che si cambia lo sfondo cartografico: ad esempio, se il perimetro di una zona soggetta a vincolo è stato rilevato su una carta tecnica in scala 1:10000 georeferenzziata, per riportare lo stesso perimetro su una cartografia 1:25000, anch'essa georeferenzziata, basterà rendere visibile quest'ultima al posto della carta 1:10000 ⁽⁴⁾;

- è favorito il “riutilizzo” dei dati spaziali, cioè i dati possono essere raccolti una sola volta, a cura dei soggetti che ne hanno maggiori competenze, che li mantengono aggiornati nel tempo; quindi possono essere utilizzati anche da altri soggetti, minimizzando in tal modo la duplicazione degli sforzi e della spesa. Inoltre è possibile combinare senza soluzione di continuità i dati spaziali provenienti da fonti differenti e condividerli tra diversi utenti ed applicazioni;

- la capacità di correlare fra loro dati di tipo diverso, ad esempio dati sulla popolazione per zona censuaria e per età, dati relativi alla probabilità di inondazioni in una determinata area, unitamente a dati sulla dislocazione e consistenza del patrimonio immobiliare e sulla presenza di infrastrutture di trasporto, ospedali, caserme, eliporti, recapiti delle linee di autotrasporto e quant'altro necessario alla definizione di un piano di intervento in caso di calamità;

- la modalità con cui le entità che compongono il mondo reale vengono tradotte nella realtà virtuale digitale risultano più efficaci rispetto alla mera rappresentazione simbolica, essendo possibile associare ad ogni entità grafica tutte le informazioni accessorie di cui si dispone, sotto forma di attributi. La stessa rappresentazione simbolica avviene senza modificare le proprietà spaziali, qualitative e quantitative degli oggetti e può essere adattata al contesto della rappresentazione (scala, cromatismo, etichette, etc.);

- la possibilità di effettuare analisi spaziali dei dati: ciò costituisce una delle caratteristiche principali dei GIS ed include un insieme di operazioni di trasformazione ed elaborazione dei dati, attraverso tecniche che, tenendo conto della componente spaziale dei *dati*, consentono di trarne *informazioni* ⁽⁵⁾ utili alla formulazione di un giudizio, alla caratterizzazione di un fenomeno o alla soluzione di un problema. L'analisi spaziale non è prerogativa esclusiva dei GIS: anche la misura manuale di un'area o di una lunghezza su un supporto cartaceo, o la sovrapposizione mappe cartacee su una base retroilluminata sono tecniche, se pur primitive, di analisi spaziale. Ciò che fa preferire il GIS agli altri sistemi è, a parità di qualità e quantità di dati di base, la maggiore accuratezza, la maggior velocità con conseguente aumento della produttività (miglioramento dell'efficienza) e la possibilità di realizzare nuove e diverse analisi (maggiore efficacia). In considerazione dell'importanza che assume l'analisi spaziale nel contesto dei GIS, l'argomento merita di essere approfondito in un apposito capitolo.

⁴ Tale operazione è detta di “generalizzazione” e consente di utilizzare uno strato informativo acquisito con tecniche che garantiscono la precisione che compete ad una determinata scala (scala nominale) insieme ad una cartografia avente scala nominale più piccola (cioè denominatore più grande). L'operazione inversa, invece, non è corretta.

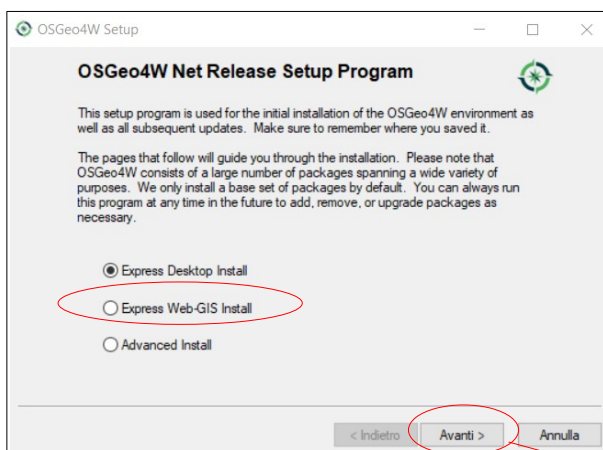
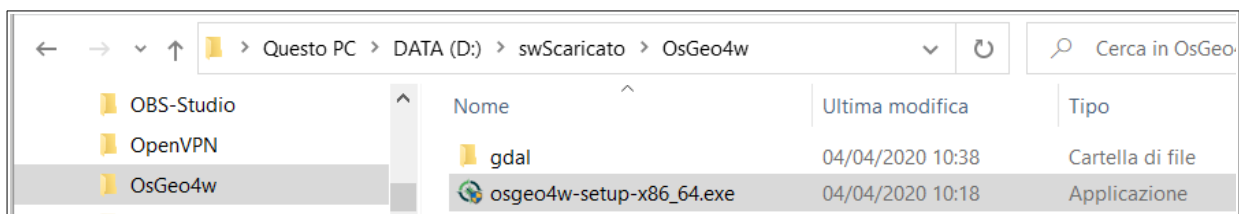
⁵ Il dato rappresenta un elemento assunto come base per formulare un giudizio, caratterizzare un fenomeno o pervenire alla soluzione di un problema. L'informazione, invece, si può considerare come un elemento di conoscenza derivato dalla elaborazione e/o interpretazione dei dati e che può contenere in sé, in tutto o in parte, la formulazione del giudizio, la caratterizzazione del fenomeno o la soluzione del problema. Uno stesso elemento di conoscenza può essere considerato un dato o un'informazione a seconda della posizione che occupa nel processo logico in cui entra a far parte: ad esempio un insieme di nominativi di persone con relativi indirizzi e numeri telefonici costituisce un dato se considerato a se stante, come elemento facente parte di una base di dati di tipo anagrafico, mentre costituisce un'informazione se è il risultato di un'interrogazione effettuata sulla stessa banca dati.

APPENDICE - Installazione del pacchetto base OSGeo4w

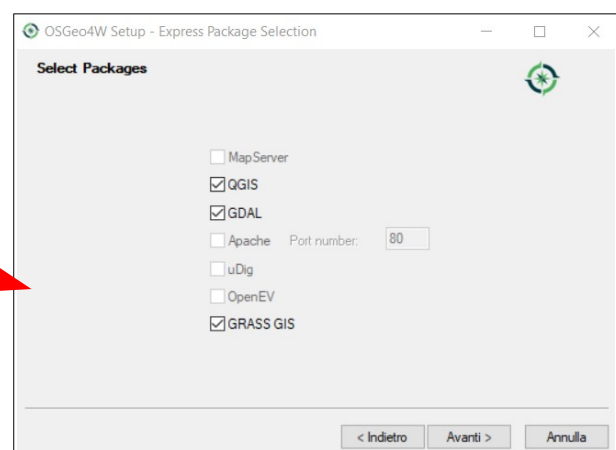
Per installare in unica soluzione sia Qgis che gli strumenti a linea di comando e le librerie di GDAL/OGR (che potranno rivelarsi utili in seguito) si può scaricare l'installer di OsGEO dalla stessa pagina di installazione di QGIS: <https://www.qgis.org/en/site/forusers/download.html>



Una volta scaricato, basta aprire l'installer (la figura si riferisce all'installazione per windows a 64 bit) e seguire la procedura. Quella consigliabile ai meno esperti è "Express Desktop install"



Al passo successivo, si lasciano selezionati i pacchetti da installare. Eventualmente, se precedentemente erano stati già installati QGIS e Grass, si seleziona solo GDAL.



Il resto della procedura risulta abbastanza intuitivo.

Al termine della procedura saranno disponibili, ad esempio nel menù Start di Windows, le icone relative ai programmi installati. Cliccando sulle icone associate è possibile avviare QGIS o gli strumenti a linea di comando.

A questi ultimi si accede utilizzando la shell di OSGeo4w.

