



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA TERRA,
DELL'AMBIENTE E DELLA VITA

TESI DI LAUREA MAGISTRALE IN SCIENZE GEOLOGICHE

Anno Accademico 2025/2026

ANALISI E VALORIZZAZIONE DI
DOCUMENTAZIONE SCIENTIFICA
D'ARCHIVIO PER LA VALUTAZIONE DEL
RISCHIO GEO-IDROLOGICO: IL CONTRIBUTO
DEI LARGE LANGUAGE MODEL

Relatore interno:

Francesco Faccini

Relatori esterni:

Danilo Godone

Diego Guenzi

Candidata:

Giulia Ferrini

Correlatore:

Giacomino Pepe

INDICE

INTRODUZIONE	3
1.1 I Large Language Model	5
1.2 Stato dell'arte	11
1.3 L'obiettivo della tesi.....	15
MATERIALI E METODI.....	17
2.1 Area di studio	17
2.1.1 Inquadramento geologico e geografico dell'area	18
2.1.2 Processi gravitativi.....	23
2.2 Materiali	26
2.2.1 Le schede EDF del Catasto Dissesti Regionale.....	26
2.3 Metodologia	34
2.3.1 La scelta degli LLM.....	34
2.3.2 Analisi di documentazione con gli LLM.....	38
RISULTATI	40
3.1 Analisi delle schede EDF del periodo gennaio 2011 – dicembre 2023.....	40
3.2 Controllo dei dati.....	44
3.3 Analisi di una scheda storica	46
3.4 Analisi di un evento recente	49
DISCUSSIONE.....	55
4.1 Analisi delle problematiche riscontrate	56
CONCLUSIONI.....	63
BIBLIOGRAFIA.....	66
Allegato	71

LISTA DI ACRONIMI:

AI	Artificial Intelligence, o Intelligenza Artificiale
CD	Catasto Dissesti
DGPV	Deformazione Gravitativa Profonda di Versante
EDF	Event Data Form
IFFI	Inventario dei Fenomeni Franosi Italiano
LLM	Large Language Model
NLP	Natural Language Processing
VdA	Valle d'Aosta

INTRODUZIONE

Il territorio italiano è storicamente caratterizzato da una massiccia presenza di fenomeni franosi: secondo un comunicato stampa di ISPRA (ISPRA 2024), il censimento delle frane all'anno 2024 contava 635.000 all'interno del territorio italiano. L'intensità con cui i fenomeni interessano le regioni risulta eterogenea in base alla morfologia locale. Infatti aree come la Pianura Padana e la regione Puglia presentano un numero minimo di eventi mentre le zone con maggiore presenza di acclività denotano indici di franosità più rilevanti. La documentazione riguardante i fenomeni risulta ampia ed eterogenea: ISPRA nel 2006 ha rilevato la compilazione di una scheda per ogni evento verificatosi sul territorio italiano, differenziato in base al grado di dettaglio delle informazioni presenti. A causa della mole di dati e delle loro difformità, l'analisi delle informazioni risulta complessa e rappresenta una sfida gestionale critica. Risulta, perciò, impossibile elaborare una sintesi rapida ed efficace che permetta l'utilizzo dei dati di archivio come uno strumento per la valutazione del rischio.

La Valle d'Aosta è una delle regioni italiane più soggetta all'avvenimento di fenomeni franosi, in particolare di crolli in roccia e cadute di massi. Il grande numero di eventi verificatisi negli anni ha portato gli enti regionali e gli enti di ricerca a porre particolare attenzione a questo territorio, iniziando così un percorso per raccogliere tutte le informazioni disponibili. L'acquisizione dei dati ha subito un potenziamento a partire dagli anni 2000 e, in particolare, dal 2010, anno in cui sono state formulate delle schede da inserire nel Catasto Dissesti della Valle d'Aosta, strutturate in sezioni specifiche in cui indicare le varie informazioni riguardanti ogni singola frana avvenuta. La compilazione delle schede è affidata agli operatori degli enti regionali, quali i Vigili del Fuoco e il Corpo Forestale Valdostano (CFV), che compilano in maniera soggettiva i differenti campi, rendendo le schede non univoche. Questo comporta diverse problematiche per

l'analisi dei dati, che non risultano disponibili sotto forma di database e che non sono confrontabili in quanto non standardizzati.

La presente tesi, perciò, ha come obiettivo la creazione di un database standard in cui vengono comprese le informazioni dei fenomeni di crollo in roccia e caduta massi avvenuti nel periodo gennaio 2011 – dicembre 2023, tramite l'utilizzo di alcuni Large Language Models (LLM), ossia una branca dell'Intelligenza Artificiale generativa che permette il caricamento di documenti e, contemporaneamente, l'interpretazione di alcune richieste formulate con un testo scritto da un essere umano. Il lavoro è stato finalizzato al reperimento di dati per la definizione del quadro conoscitivo della pericolosità geomorfologica regionale.

I risultati ottenuti risultano parziali, in quanto la grande varietà di informazioni riportate con metodologie differenti rende complessa l'analisi. Di conseguenza, sono state evidenziate alcune problematiche riguardanti sia le schede compilate dagli operatori degli enti regionali sia gli LLM stessi ed il loro funzionamento, che può causare allucinazioni, ossia la generazione di informazioni false da parte dell'AI.

Inoltre, per osservare le possibili proiezioni di questo elaborato, l'indagine è stata estesa a due casi limite: una scheda d'archivio del 1934, compresa di elementi grafici e testuali redatti a mano e un evento di cronaca recente, privo di catalogazione. Gli esiti delle analisi hanno evidenziato la possibilità di interessanti sviluppi futuri.

1.1 I Large Language Model

I *Large Language Model (LLM)* sono tecnologie emergenti facenti parte delle Intelligenze Artificiali (AI) ed aventi un'interfaccia semplice quale una chat, tramite cui è possibile interloquire con l'AI per porre domande o problematiche per cui si ottengono delle risposte elaborate artificialmente.

Questo si svolge tramite l'utilizzo di un *prompt*, ossia un'istruzione o una domanda posta in linguaggio naturale che viene sottoposta all'AI perché venga generato uno specifico output.

L'interazione con l'LLM, perciò, avviene tramite il *Natural Language Processing (NLP)*, ossia l'elaborazione del linguaggio naturale definito come una sottobranca della linguistica computazionale che si occupa dell'interazione tra i computer ed il linguaggio umano e che permette, quindi, di far “comprendere” alle macchine il contenuto di un testo o di un documento. A causa delle ambiguità presenti all'interno del linguaggio umano l'elaborazione prevede diverse fasi simili a quelle che si potrebbero trovare in un linguaggio di programmazione:

- Analisi lessicale: permette di suddividere le frasi in parole;
- Analisi grammaticale: le varie parti del discorso vengono associate alle parole;
- Analisi sintattica: le parole vengono arrangiate in una struttura sintattica;
- Analisi semantica: in questa fase viene assegnato un significato alla struttura sintattica e, perciò, alla frase di partenza. Per farlo viene utilizzata una procedura automatica detta “disambiguazione”, che, tra i vari possibili, attribuisce un significato alla frase.

Nonostante le procedure, attualmente la definizione di “comprensione” rimane una delle principali problematiche dell'elaborazione del linguaggio naturale (Wikipedia 2025).

Si è, però, notato come gli LLM possano svolgere elaborazioni complesse in relazione al grado di specificità presente nella richiesta: più un prompt è chiaro e dettagliato, più l'output sarà preciso e in linea con le aspettative di partenza. Questo spiega più chiaramente come questi strumenti siano in grado di adattarsi alle informazioni di partenza ricevute.

In particolare, gli LLM sono costantemente in aggiornamento sia grazie allo studio delle aziende sviluppatrici di questi software, sia per l'addestramento costante che si verifica ogni qualvolta un utente elabori un prompt: lo strumento memorizza e individua gli schemi utilizzati al fine di riconoscere, nel tempo, come sono usate le parole e come sono poste all'interno del testo, la struttura delle frasi e i significati di esse in base ai contesti. Attraverso la grande quantità di informazioni che gli LLM ottengono in un breve lasso di tempo, l'obiettivo è quello di perfezionare la "comprensione" tramite i loro stessi successi e fallimenti.

In letteratura (Mahmoud Bsharat et al. 2023) sono state discusse alcune frasi utili da aggiungere nei prompt al fine di ottenere una risposta simile ad una umana, oppure per portare l'LLM a svolgere uno specifico compito. Tra le numerose, di seguito alcune delle principali linee guida:

- Si preferiscono frasi concise ed esplicite per aumentare l'efficacia dei prompt;
- Non risulta necessario l'utilizzo di espressioni di cortesia come "per favore", "grazie", "se possibile";
- È preferibile semplificare i prompt, dividendo i task in una sequenza di domande più semplici;
- Si consiglia l'utilizzo di espressioni molto dirette, sia per frasi positive che negative (es. "fai", "non fare");
- Aggiungere espressioni come "il tuo compito è", "devi";
- Si può ripetere una specifica parola o frase più volte nello stesso prompt;
- Specificare chiaramente le richieste che il modello deve seguire in modo ordinato.

Per affinare la comprensione delle richieste e, di conseguenza, la qualità dell'output, è possibile fornire all'LLM alcuni esempi all'interno del prompt al fine di spiegare come si vorrebbe che l'AI procedesse per formulare la risposta.

Talvolta, nonostante la cura impiegata nella formulazione della richiesta, gli LLM possono subire "allucinazioni", ossia fornire contenuti che non sono reali o che sono incoerenti con l'input fornito (Aloshdenny 2024).

Infatti, interpellando direttamente Gemini, uno tra i più diffusi LLM, viene data conferma dell'esistenza di queste allucinazioni e spiegato in maniera più approfondita da che cosa sono causate (Figura 1): le AI possono, infatti, creare informazioni linguisticamente plausibili ed apparentemente coerenti, ma fattualmente errate. Ciò accade perché il modello opera attraverso una predizione statistica della sequenza di parole (o token) successive, privilegiando spesso la fluidità stilistica e la probabilità logica rispetto alla veridicità storica o scientifica, specialmente quando i dati di addestramento risultano ambigui.

◆ Le allucinazioni sono un fenomeno intrinseco al funzionamento dei modelli di linguaggio. Si verificano quando l'intelligenza artificiale genera informazioni che appaiono sintatticamente corrette e molto convincenti, ma che in realtà sono prive di fondamento o fattualmente errate.

Questo accade perché il sistema non attinge a una conoscenza consapevole, ma opera attraverso una predizione statistica della sequenza di token successivi. Il modello privilegia spesso la fluidità stilistica e la coerenza logica del discorso rispetto alla precisione storica o scientifica, specialmente quando i dati di addestramento sono scarsi o ambigui. In sostanza, l'algoritmo tende a generare la risposta che risulta statisticamente più probabile in base alla struttura del linguaggio, anche a costo di inventare i dettagli.

Figura 1: Output di risposta, ottenuto tramite query diretta all'LLM Gemini, riguardante la definizione di "allucinazione" delle intelligenze artificiali

Al fine di arginare questa problematica vengono utilizzate tecniche come la *Retrieval-Augmented Generation (RAG)*, che collega l'LLM a fonti esterne verificate (Lewis et al. 2020) e l'addestramento basato sul feedback umano (*Reinforcement Learning from Human Feedback, RLHF*) per penalizzare le risposte scorrette.

Nel dettaglio, i sistemi RAG seguono uno schema articolato durante il processo di elaborazione, in cui viene effettuata una ricerca ibrida e complessa che combina due approcci complementari:

- *L'Indice Lessicale (Sparse n-gram Index)*: si basa sui termini proposti, ed utilizza algoritmi come il *BM25* per contare l'occorrenza delle parole chiave e di termini specifici o settoriali, assegnando un grado di importanza alle parole basato sul numero di volte in cui appaiono ed alla lunghezza del documento (Robertson and Zaragoza 2009).

- L'*Indice Vettoriale (Vector Index)*: gestisce la similarità semantica e permette di trasformare i documenti in rappresentazioni matematiche tramite cui vengono collegati concetti pertinenti nonostante l'assenza di corrispondenze testuali esatte (Devlin et al. 2019).

Entrambi gli indici vengono interrogati simultaneamente dopo l'invio di una query, ossia di una domanda o una richiesta di dati, e producono due liste indipendenti di risultati, denominate *Top k results* (Microsoft).

L'operazione più complessa è quella di combinare in modo corretto i risultati delle due ricerche. Il processo viene risolto con l'ausilio dell'algoritmo di *Reciprocal Rank Fusion (RRF)* che riordina i risultati per la formulazione dell'output finale (Cormack et al. 2009) e calcola un punteggio combinato basandosi sulla posizione (o rango) che i documenti occupano nelle due differenti liste, favorendo i documenti che presentano un'alta rilevanza in entrambi i domini (semantico e lessicale).

La fase finale del processo prevede la selezione dei migliori risultati della fusione delle liste e l'inserimento delle informazioni nel contesto operativo degli LLM, in modo da fornire i dati filtrati e generati per l'utente sotto forma di testo (Microsoft).

Di seguito, in Figura 2, è visibile uno schema del processo.

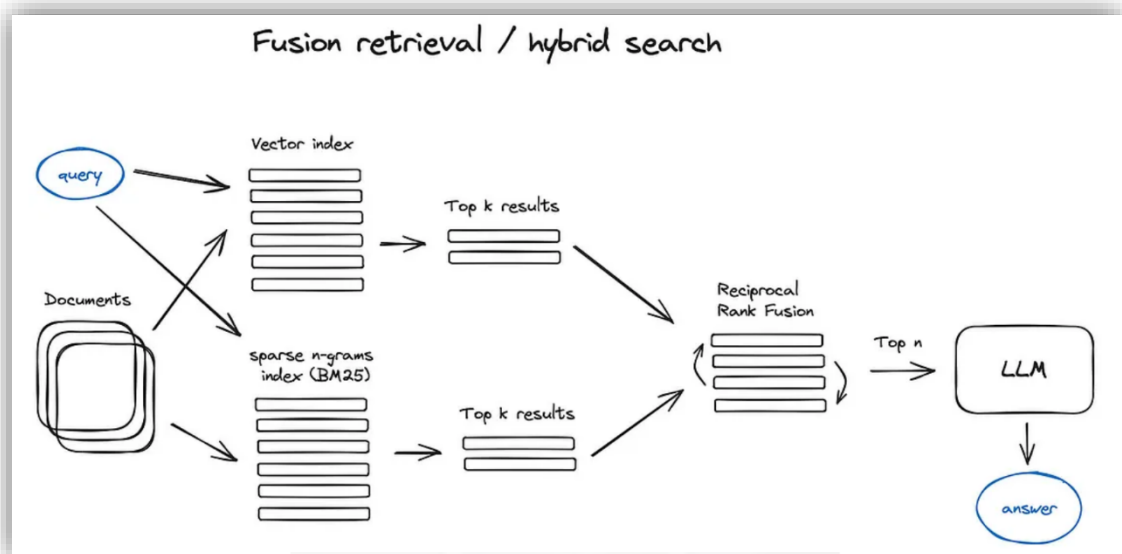


Figura 2: Schema del funzionamento degli LLM nel processo di elaborazione di una query per la generazione di un output (immagine di Aloshdenny)

I vari LLM spesso sono disponibili per gli utenti attraverso una versione gratuita, che è possibile integrare tramite un abbonamento a pagamento, al fine di ottenere una disponibilità maggiore di tempo di utilizzo, numero di prompt disponibili e lunghezza del testo, ma anche in termini di memoria a disposizione per effettuare le computazioni necessarie e di grandezza dei file allegati. Questo è il caso, ad esempio, di ChatGPT, Gemini e Claude, che si differenziano invece da DeepSeek, Kimi e Qwen che risultano infatti free ed *open source* ossia accessibili gratuitamente a tutti gli utenti senza nessuna tipologia di restrizione.

Oggi gli LLM vengono utilizzati da moltissimi utenti nel mondo e, nella maggioranza dei casi, le questioni poste non presentano una particolare difficoltà in quanto sono ricerche che si potrebbero rapidamente svolgere in autonomia tramite un motore di ricerca.

Il mondo scientifico, però, si sta approcciando all'uso delle AI con lo scopo di sfruttare la tecnologia per velocizzare ed automatizzare lavori manuali che richiedono tempistiche lunghe e possono essere influenzati dall'errore umano. Con queste nuove soluzioni, perciò, possono avere vantaggi per la riduzione delle tempistiche compensando eventuali errori legati all'analisi di ingenti moli di documenti, sebbene vadano tenute in considerazione le possibili allucinazioni.

Si può, inoltre, notare come si stiano effettuando dei tentativi per sottoporre un ingente numero di dati alle intelligenze artificiali per comprendere come queste rispondano davanti a set di informazioni così importanti.

A prescindere dalla tipologia di dati, questi possono essere registrati con metodi differenti, tra cui i seguenti:

- Tramite documenti cartacei;
- Tramite documenti digitalizzati;
- In forma testuale;
- In forma di dati numerici;
- In database organizzati.

Nel caso di eventi quali dissesti geo-idrologici, per effettuare studi e gestire il rischio sono fondamentali informazioni quali la geolocalizzazione dell'evento, la descrizione codificata dell'accaduto e la dimensione dell'evento, e queste informazioni idealmente dovrebbero essere memorizzate su un database, in modo da poter facilmente accedere ai dati ed effettuare analisi con rapidità. Spesso, purtroppo, le informazioni non sono precisamente organizzate ed omogenee, perciò è necessario trovare una soluzione che permetta comunque di effettuare analisi in tempistiche contenute. Questa tesi propone un approccio scientifico all'utilizzo degli LLM con il fine di svolgere attività complesse, quali la lettura e l'interpretazione di una serie di dati digitalizzati, ma presentati sotto forma testuale, con il fine ultimo di ottenere come restituzione dell'AI un database completo e corretto.

1.2 Stato dell'arte

Nell'ambito scientifico, l'argomento frane e, in particolare, i crolli in roccia, risulta spesso ostico quando si tratta di effettuare previsioni: a causa dell'imprevedibilità degli eventi non è possibile stabilire una data in cui potrebbero verificarsi determinati tipi di fenomeni. Per questo la prevenzione ed il monitoraggio in tempo reale risultano di fondamentale importanza e, in alcuni casi, salvifici.

L'impiego delle AI può costituire un supporto ed uno strumento utile all'interrogazione e all'analisi di dati e informazioni raccolte nel tempo all'occorrenza di tali fenomeni. Spesso, infatti, si è in possesso di archivi storici contenenti un ingente numero di dati, di cui ancora molti in forma cartacea (Sisto and Fidani 2026), che possono essere digitalizzati e successivamente processati al fine di poter mettere a disposizione il patrimonio archivistico per la comunità scientifica (Toth et al. 2025).

Nell'area di Taiwan, in cui sono presenti versanti con forti pendenze, i crolli in roccia ostruiscono spesso le strade causando traffico, feriti e decessi. Per ovviare a questa problematica, vengono utilizzati sistemi come Google Alerts per avvertire gli automobilisti alla guida, geolocalizzazioni con Google Earth integrati con variabili basate sulla morfologia dell'ambiente, ed algoritmi di machine learning per effettuare analisi di pericolosità lungo i pendii adiacenti alle strade (Nguyen et al. 2024). Le metodologie alternative sono un'ottima soluzione per diminuire il rischio di catastrofi e viene studiata la loro efficienza per poterle successivamente applicare a situazioni simili.

Oltre al caso di Taiwan, in letteratura esistono alcuni progetti già in corso di sperimentazione sui sistemi di allerta in tempo reale. Questi sistemi possono essere studiati a partire da differenti tipologie di dati di input e con scopi leggermente differenti. In Svizzera è in corso un monitoraggio di dati sismici finalizzato alla correlazione tra movimenti o vibrazioni del terreno e il distacco di valanghe o frane in aree alpine. Lo studio svolto da Cristina Pérez, ricercatrice dell'Istituto WSL per lo studio della neve e delle valanghe SLF (Ibrahim 2026) si basa sull'analisi sia dei cosiddetti "scricchiolii" che precedono un crollo, sia dei rumori ambientali, distinguendo gli uni dagli altri al fine di ridurre i falsi allarmi e di ottenere secondi e minuti estremamente utili per l'evacuazione. La distinzione, in questa ricerca, viene effettuata proprio tramite un sistema che utilizza

l'AI e che, ad oggi, è in grado di rilevare automaticamente oltre il 90% delle valanghe. I risultati di questo studio, perciò, sono sorprendenti ma non sono i soli.

Se in alcuni studi recenti vengono ancora utilizzate le tecniche classiche come l'analisi manuale di un ridotto set di campioni (Gruber et al. 2025), altri sperimentano l'utilizzo dell'intelligenza artificiale per fini di ricerca senza, però, un univoco metodo di utilizzo. Gli studi effettuati presentano scopi e utilizzi differenti delle nuove tecnologie. Tra i numerosi, talvolta vengono utilizzate le AI per l'analisi di immagini, come per l'articolo di Mohammadi et al. 2022 che dimostra come queste possano essere addestrate al riconoscimento di determinate strutture all'interno di fotografie, in questo caso, di galassie. Tramite questo studio sono state raggiunte le distinzioni richieste tra le diverse tipologie di sistemi stellari compatti. I risultati sono stati ottenuti anche grazie al *machine learning*, una branca dell'AI che si occupa di creare sistemi capaci di apprendere dai dati per migliorare le proprie prestazioni in un compito specifico. Questo metodo, però, richiede un precedente lavoro manuale per definire a priori dei parametri numerici (Bengio et al. 2013).

Altri esempi di machine learning hanno coinvolto ambiti quali la comprensione e l'interpretazione di documenti tecnici scritti a mano, compresi, talvolta, di fotografie da cui ricavare informazioni, come nel caso dello studio di (Sapronova and Marcher 2025) in cui i documenti in questione sono stati digitalizzati per sottoporli all'AI. Nonostante le disomogeneità causate dalla qualità della scansione dei documenti, della calligrafia o della risoluzione, con l'ottimizzazione del modello è stato possibile ridurre la variabilità dell'output, ottenendo risultati più standardizzati.

Altri casi studio, invece, hanno avuto come oggetto un modello di suscettibilità alle frane per l'area di Janghung (Lee et al. 2006). L'AI ha, infatti, imparato a riconoscere l'insieme di combinazioni di fattori che causano le frane tramite il machine learning, assegnando un peso statistico ad ogni variabile in gioco. Sono stati testati i differenti set di dati, sottoponendo i pesi ottenuti al software GIS, tramite cui sono state generate cinque mappe di suscettibilità differenti. Il confronto tra le mappe generate e le frane reali ha confermato che la tecnica utilizzata si è rivelata efficace e precisa, e ha permesso di superare alcuni limiti dei modelli statistici tradizionali.

Oltre al machine learning, oggi sono presenti tecnologie quali gli LLM, che apprendono in maniera “*end-to-end*”: questo permette di operare senza definizioni precedentemente specificate riuscendo perciò a estrarre informazioni coerenti nonostante la variabilità terminologica o la presenza di sfumature linguistiche (Brown et al. 2020).

Un altro esempio rilevante in ambito di rischio idrogeologico è lo studio di Google Research (Tremolada 2026) in cui viene presentata un’AI in grado di prevedere le alluvioni a partire dall’analisi della cronaca di giornale. In particolare, vengono utilizzati modelli linguistici per trasformare la cronaca in dati veri e propri, in modo da ipotizzare, tra le varie possibilità, le flash floods, ovvero inondazioni improvvise che colpiscono aree ristrette.

Inoltre, per quanto riguarda l’ambito degli eventi franosi, in letteratura è stato sviluppato un modello in grado di analizzare da remoto le frane avvenute a partire da informazioni fotografiche e videografiche (Asteriou et al. 2025). Questa tecnica permette, perciò, di calcolare i volumi dell’evento e identificare l’area di distacco senza effettuare un sopralluogo fisico in situ.

Rimanendo nell’ambito degli eventi franosi, e in particolare analizzando l’area in esame, sono stati redatti due articoli riguardanti la suscettibilità al dissesto in Valle d’Aosta. In questi articoli non è stata utilizzata l’AI, ma sono state ottenute carte di suscettibilità a partire dalle informazioni presenti nel Catasto Dissesti della Valle d’Aosta e dal sito web del Progetto IFFI, in cui sono censite più di 620 mila frane avvenute sul territorio nazionale (Cignetti et al. 2021). Il secondo articolo è stato redatto a distanza di 3 anni dal primo, al fine di aggiornare la carta di suscettibilità dopo nuovi 197 eventi accaduti all’interno della regione in esame (Cignetti et al. 2024). Le mappe create mettono in evidenza l’estensione della problematica legata agli eventi franosi, e indicano la possibilità di continuare ed approfondire gli studi riguardanti la Valle d’Aosta proprio con i fine di monitoraggio delle occorrenze e di protezione civile.

Prendendo spunto dalla letteratura scientifica, l’intento di questa tesi è testare l’efficacia dell’Intelligenza Artificiale ed in particolare degli LLM nell’ambito della ricerca scientifica, focalizzandosi sulla loro utilità per quanto riguarda il rischio di crolli in roccia (rockfall). I documenti da analizzare vengono quindi sottoposti agli LLM proprio con l’intento di estrarre quante più informazioni possibili sfruttando la loro capacità di

riconoscere termini simili e con lo stesso significato all'interno di un determinato contesto linguistico. Il legame tra le Intelligenze Artificiali e la gestione del rischio da crolli in roccia viene poi accentuato dall'elaborazione dei dati estratti, al fine di ottenere mappe che indichino le aree in cui sono avvenuti un consistente numero di fenomeni tale per cui è possibile affermare che siano zone più rischiose rispetto ad altre e permettendo così di intervenire al fine di mitigare il rischio.

1.3 L'obiettivo della tesi

Nell'ambito dell'analisi di documentazione scientifica d'archivio funzionale alla caratterizzazione dei processi geo-idrologici e valutazione del rischio associato, l'obiettivo principale di questa tesi è l'impiego e la sperimentazione dell'utilizzo delle LLM per l'estrazione di dati ed informazioni da schede di evento relative a fenomeni di crollo. Attualmente l'impiego delle LLM per l'estrazione di dati ed informazioni da documenti di archivio rappresenta ancora una sfida aperta. Soprattutto per i documenti in formato PDF, l'estrazione di informazioni risulta particolarmente complessa a causa dei limiti nella lettura di questo tipo di file da parte degli LLM (Il Post 2026). Il formato PDF risulta un metodo di archiviazione consolidato e molto diffuso poiché garantisce l'immutabilità dei contenuti presenti all'interno dei documenti: a causa della loro frequente ricorrenza nei diversi ambiti, risulta necessario adottare soluzioni che permettano di elaborare i dati a partire da documenti di questo tipo. Sebbene le AI siano tecnologie recenti e non sia presente in letteratura una vasta serie di soluzioni possibili, l'analisi di questo formato è stata volontariamente affrontata in quanto rappresenta un tema di ricerca ancora aperto e di cruciale importanza in numerosi ambiti.

Per estrarre le informazioni riguardanti i fenomeni franosi al fine di svolgere le elaborazioni successive, sono state utilizzate le schede di eventi disponibili del Catasto Dissesti e l'inventario dei fenomeni franosi della regione Valle d'Aosta. Gli eventi franosi all'interno della regione sono sempre stati una problematica per i residenti: in alcuni documenti storici, infatti, si possono osservare testimonianze dei numerosi fenomeni avvenuti nel corso del tempo. Gli enti regionali, a seguito dall'alluvione avvenuta nell'ottobre dell'anno 2000, hanno iniziato a raccogliere informazioni sugli eventi sia dai tecnici regionali, come avveniva in precedenza, che anche da liberi professionisti, Enti di Ricerca ed Università, con l'intento di creare una banca dati descrittiva, compresa di riferimenti cartografici. Lo scopo di tale archivio era quella di aggiungere conoscenze nell'ambito del rischio geologico, e questo obiettivo ha iniziato a concretizzarsi ulteriormente dal 2010, anno in cui si è iniziato a tenere traccia degli eventi verificatisi nel territorio tramite delle schede da compilare una volta giunti sul luogo del dissesto, in modo da poter il più possibile uniformare i dati raccolti (Regione Autonoma Valle

d'Aosta). Tale procedura consente di acquisire le informazioni sui dissesti raccolte dalle stazioni forestali dislocate sul territorio.

Gli obiettivi di questa tesi riguardano, quindi, sia l'organizzazione dei dati stessi che la loro elaborazione finalizzata ad ottenere informazioni fruibili. Poiché attualmente le informazioni riguardanti gli eventi franosi non risultano rapidamente reperibili ed univoche, le elaborazioni svolte sono state indirizzate verso l'estrazione di dati ed informazioni utili per la creazione di un database, strumento essenziale per analisi scientifiche funzionali alla gestione e mitigazione del rischio.

Per farlo, sono state utilizzate le schede relative ai crolli in roccia censiti nel Catasto Dissesti della Valle d'Aosta, considerando il periodo gennaio 2011 – dicembre 2023. Queste informazioni sono state sottoposte agli LLM, con l'obiettivo di semplificare e snellire un eventuale lavoro di estrazione dati ed informazioni strutturate effettuato manualmente da un operatore.

L'estrazione di dati ed informazioni strutturate attraverso l'impiego delle LLM è stata impostata per ottenere descrizioni e classificazioni uniformate, utile ai fini di:

- effettuare analisi di frequenze, finalizzate all'identificazione dei Comuni e delle località più soggette ad eventi franosi improvvisi;
- stimare le dimensioni dei singoli eventi e le aree in cui si verificano gli episodi con i volumi maggiori;
- analizzare il grado di danno provocato dai crolli in roccia comprendendo più a fondo quali siano gli elementi più frequentemente pregiudicati;
- attenzionare le aree più soggette al rischio geo-idrologico, al fine di monitorare le situazioni e formulare un sistema di allarme che protegga l'incolumità dei cittadini.

In generale, il lavoro presentato offre la possibilità di ottimizzare le risorse impiegate al fine di diminuire le tempistiche di elaborazione dei dati e attenzionare le aree più a rischio con finalità di protezione civile.

MATERIALI E METODI

2.1 Area di studio

La Valle d'Aosta è una regione che statisticamente ha sempre subito un cospicuo numero di eventi franosi a causa della sua conformazione e della sua giovane età (Rocco 2025).

L'attuale morfologia della regione è stata fortemente influenzata dalla presenza di glaciazioni, di cui l'ultima, denominata Würm, è stata presente sino a circa 12.000 anni fa (Penck and Brückner 1909). Come testimoniato dagli affioramenti rocciosi modellati dall'azione glaciale, quali ad esempio le valli ad "U" con ampi fondovalle e versanti molto acclivi, ed i solchi glaciali causati dall'abrasione dei detriti di fondo, la regione era interamente ricoperta da ghiacci. La successiva deglaciazione ha lasciato un imponente sistema morenico, denominato Anfiteatro Morenico di Ivrea (AMI), ampio 500 km² (Gianotti and Forno 2017) con versanti instabili e superfici alterate, che rappresenta il limite geomorfologico della valle.

Ad oggi il paesaggio è segnato dalla presenza di ghiacciai relitti confinati nelle testate vallive e da numerosi laghi alpini di origine glaciale che fungono da importanti serbatoi idrici.

Il territorio regionale coincide quasi perfettamente con il bacino imbrifero della Dora Baltea, la quale raccoglie l'intera rete dei deflussi superficiali. I suoi affluenti sono caratterizzati da regimi stagionali ed hanno un'elevata capacità di trasporto solido, osservabile anche grazie ai coni di deiezione presenti nelle valli.

2.1.1 Inquadramento geologico e geografico dell'area

La Valle d'Aosta si inserisce nel settore delle Alpi Occidentali, presentando un assetto geologico dominato dalla sovrapposizione dei principali sistemi strutturali del versante interno della catena a vergenza europea. La regione è costituita dalle unità del Sistema Austroalpino, del Dominio Pennidico e dalle Unità Ofiolitiche della Zona Piemontese associate; verso il settore marginale nord-occidentale, il quadro è completato dalla presenza dei sistemi Elvetico e Ultraelvetico (Giardino and Ratto 2005).

L'attuale architettura tettonica è il risultato di una complessa evoluzione metamorfica e strutturale, definita dalla sovrapposizione di diverse falde tettoniche. Questo assetto è stato successivamente rielaborato dall'attività post-collisionale e dall'insorgenza di sistemi neotettonici regionali, tra i quali la faglia Aosta-Ranzola che assume particolare rilevanza cinematica. Inoltre, al limite meridionale della regione, è possibile individuare il Sistema Sudalpino, separato dall'edificio alpino tramite la Linea del Canavese.

Per quanto riguarda i domini strutturali, il Sistema Austroalpino occupa le altitudini maggiori all'interno dell'edificio alpino regionale ed è composto da falde di pertinenza paleo-africana. Queste unità mostrano diversi gradi metamorfici, passando dalla facies a scisti verdi a quella granulitica. Tra queste si distinguono la Zona Sesia-Lanzo caratterizzata da ortogneiss e micascisti eclogitici e la falda della Dent Blanche costituita da un basamento di gabbri, metagraniti e micascisti associato a coperture mesozoiche.

L'Area Piemontese presenta una predominante copertura metasedimentaria di origine oceanica composta da calcescisti, marmi e quarziti. Ad essa si associano corpi di metabasiti derivanti dal substrato oceanico, rappresentati da serpentiniti, anfiboliti, metagabbri e prasiniti.

Il Sistema Pennidico viene suddiviso in tre settori principali:

- Zona Pennidica Superiore: costituita da scisti, metaconglomerati, metagraniti e paragneiss, riconducibili ai massicci cristallini interni del Monte Rosa e del Gran Paradiso;

- Zona Pennidica Media: corrispondente al settore del Gran San Bernardo, è caratterizzata da un basamento gneissico e metagranitico con coperture di quarziti, calcescisti, gessi e dolomie;
- Zona Pennidica Esterna: comprendente serpentiniti, prasiniti, micascisti, quarziti, calcescisti e sequenze di flysch, incluse le unità delle Breccie di Tarantasia e della Zona del Versoyen.

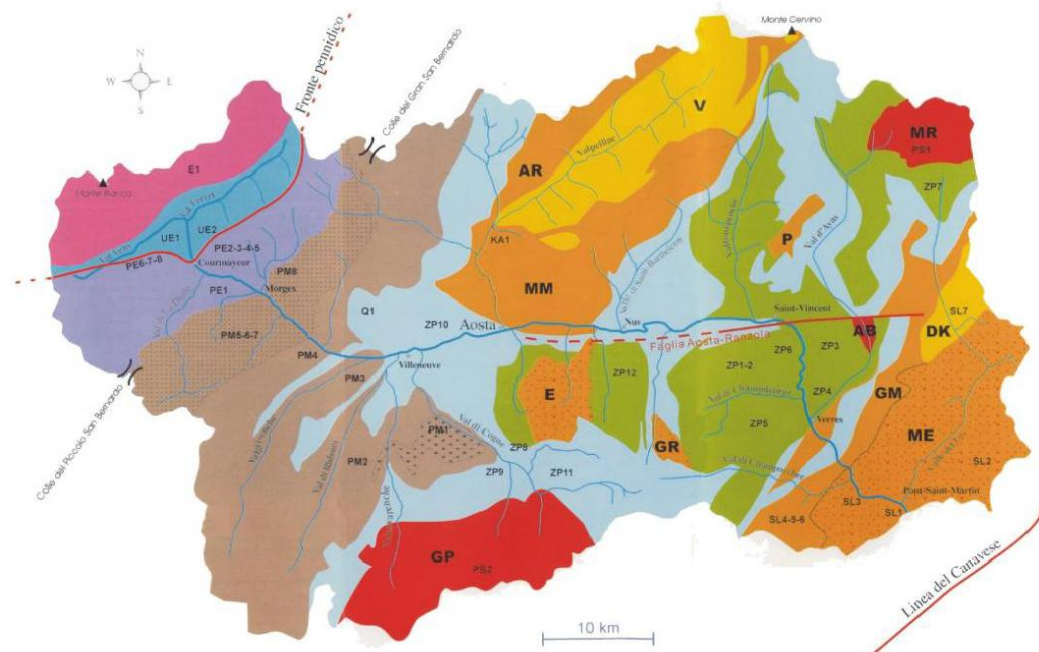
Infine, nel settore nord-occidentale è presente il dominio Ultraelvetico, che include le omonime falde di scollamento, le Falde del Mont Chétif (calcari, porfiroidi, calcescisti e carnirole) e le Falde del Mont Fréty.

Il Sistema Elvetico nell'area nord-ovest della regione è rappresentato dal Massiccio del Monte Bianco, il cui nucleo è formato da parascisti, migmatiti e graniti. L'insieme di questi lineamenti condiziona in modo determinante l'attuale morfologia regionale, sulla quale hanno influito imponentemente anche le fasi glaciali pleistoceniche.

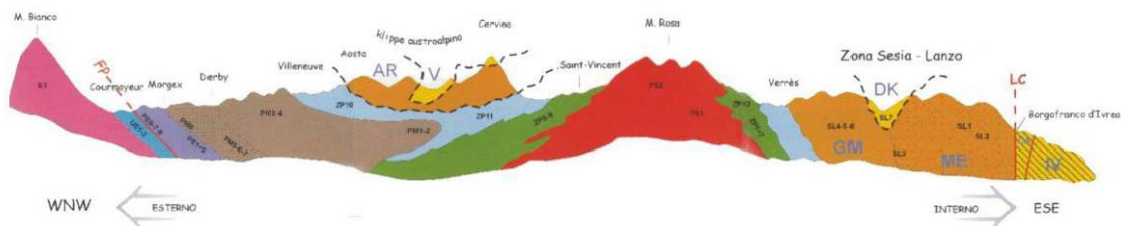
La complessità della geologia regionale deriva dall'esposizione di una sezione crostale completa che oggi risulta visibile in superficie a causa dell'erosione e del sollevamento tettonico. Questo ha comportato la coesistenza di una vasta varietà di litologie in uno spazio geografico ristretto.

In Figura 3 è visibile la carta geologico-strutturale, in cui sono presenti le differenti Zone comprese nei Sistemi, le Facies e i Settori della regione.

CARTA GEOLOGICO-STRUTTURALE DELLA VALLE D'AOSTA



PROFILO GEOLOGICO-STRUTTURALE



LEGENDA

SISTEMA SUDALPINO	Zona Ivrea-Verbano (IV); Zona del Canavese (CA)
Linea del Canavese (LC)	
SISTEMA AUSTRALPINO	
in facies granulitica:	
Zona Sesia-Lanzo: II' Zona diorito-kinzigitica (DK).	
Falda Dent Blanche s.l.: Serie di Valpelline (V).	
in facies scisti verdi:	
Zona Sesia-Lanzo: Complesso degli Gneiss Minuti (GM).	
Falda Dent Blanche s.l.: Unità di Arolla (AR); M. Mary (MM); Pilonet (P).	
in facies eclogitica:	
Zona Sesia-Lanzo: Complesso dei Micascisti Eclogitici (ME).	
Falda Dent Blanche s.l.: Emilius (E); Glacier-Rafay (GR).	
ZONA PIEMONTESE	
Settore a prevalente copertura metasedimentaria oceanica (calcescisti, marmi, quarziti).	
Settore a prevalenti metabasiti derivanti dal substrato oceanico (serpentiniti, anfiboliti, metagabbri, prasiniti).	

SISTEMA PENNIDICO	
Zona Penninica superiore:	
Massicci del Monte Rosa (MR) e del Gran Paradiso (GP); "cupola" di Arcesia-Brusson (AB).	
Zona Penninica media (del Gran San Bernardo):	
Zona Permo-Carbonifera Assiale (zone houillere) e coperture Brianzoni esterne	
Basamento polimetamorfo del Rutor, basamento e coperture metasedimentarie del Brianzono interno; a: plutone granodioritico del Grand Nomenon	
Zona Penninica esterna:	
Brecce di Tarantasia e zona delle scaglie basali; Zona del Versoyen; Zona del Piccolo San Bernardo	
Fronte di sovrascorrimento penninico (FP)	
SISTEMA ULTRAELVETICO	
Falde di scollamento ultraelvetiche; Falda del M. Chetif; falda del M. Frety	
SISTEMA ELVETICO	
Massiccio del Monte Bianco (parascisti, migmatiti e graniti) e subordinate coperture sedimentarie mesozoiche	

Figura 3: Carta geologico-strutturale della Valle d'Aosta e profilo WNW-ESE (Bonetto & Gianotti, 1998)

La Valle d'Aosta, con una superficie di soli 3261 km² (ISTAT 2013), è la regione più piccola d'Italia ed è uno dei sistemi vallivi del versante padano.

La superficie della regione coincide quasi interamente con il bacino idrografico della Dora Baltea, in cui scorre un fiume ricco di affluenti dalle valli regionali. Gli affluenti possono essere divisi come segue (Regione Autonoma Valle d'Aosta):

- Affluenti di sinistra: hanno generalmente torrenti più lunghi e bacini più estesi, talvolta alimentati dai ghiacciai alpini. Si tratta dei torrenti di Doire de Val Ferret, di Tsapy, di Colombaz, di Vertosan, di Verrogne, di Clusellaz, di Clou Neuf, di Buthier, di Chateau de Quart, di Saint-Barthèlemy, del Crétaz, delle Marmore, di Saint-Vincent, di Evançon, di Va e del Lys.
- Affluenti di destra: provengono dal massiccio del Gran Paradiso e dalle Alpi Graie, e ne fanno parte la Dora della Thuile, il torrente d'Arpy, il torrente Lantaney, la Dora di Valgrisenche, la Dora di Rhêmes, i torrenti Savara, Grand Eyvia, Gressan, Comboué, Laures, Saint-Marcel, Clavalité, Chalamy, Boccoil, Fontaney e Fert.

La Valle d'Aosta è confinante con Francia, Svizzera e con la regione Piemonte, e presenta uno spartiacque principale interrotto solamente dai valichi alpini del Piccolo e Gran San Bernardo:

- Per quanto riguarda i confini internazionali, nel settore nord, al confine con la Svizzera, lo spartiacque si trova in corrispondenza delle Alpi Pennine e separa la Dora Baltea dal bacino del Rodano, mentre nel settore ovest, al confine con la Francia, lo spartiacque segue la catena del Monte Bianco e delle Alpi Graie, separando la Dora Baltea dall'Isère;
- Entro i confini nazionali, lo spartiacque si colloca lungo il massiccio del Gran Paradiso e continua sulle Alpi Graie meridionali, separando il bacino regionale da quelli dei torrenti Orco e Soana in Piemonte. Verso est, lo spartiacque è definito dalle creste che delimitano la Valle del Lys dalla Valsesia e dalla Valle del Cervo, e si ricollega poi al Massiccio del Monte Rosa.

I perimetri definiti racchiudono quasi perfettamente il bacino imbrifero della Dora Baltea, conferendo alla regione una spiccata unità geografica e idrologica.

Poiché l'altitudine media del territorio è superiore ai 2000 m (Centro Funzionale Regione Autonoma Valle d'Aosta) e i settori che hanno una pendenza inferiore a 3° presentano un'altitudine di almeno 300 metri s.l.m., i caratteri morfologici regionali sono principalmente montani.

I confini naturali del territorio regionale sono tracciati dalla presenza dei quattro massicci montuosi più elevati delle Alpi, le cui vette più importanti sono le seguenti:

- Monte Bianco, 4810 m, confinante con la Francia;
- Monte Rosa, 4634 m, al confine con Svizzera e Piemonte;
- Monte Cervino, 4478 m, confinante con la Svizzera;
- Gran Paradiso, 4061 m, al confine con la regione Piemonte.

La regione può essere suddivisa in tre differenti aree:

- L'alta Valle d'Aosta che comprende il settore con le altitudini maggiori, ossia dallo spartiacque del Monte Bianco fino alla piana di Aosta vicino alla confluenza del torrente Grand-Eyvia nella Dora Baltea. Vengono comprese alcune valli laterali principali, come la Valle di La Thuile, la Valgrisenche, la Val di Rhêmes, la Valsavareche e la Valle di Cogne;
- La media Valle d'Aosta, tra cui la piana di Aosta ed i settori pianeggianti della regione tra cui Fénis, Châtillon e Saint-Vincent fino alla stretta di Montjovet e le valli laterali del versante sinistro, come la Valpelline, la Valtournenche e la Valle di Saint-Barthélemy;
- La bassa Valle d'Aosta, dalla stretta di Montjovet alla pianura della valle principale comprese le colline moreniche dell'Anfiteatro di Ivrea, ma anche la Valle d'Ayas e la valle del Lys sul versante sinistro e Champdepraz e Champorcher sul destro.

Da un punto di vista di uso del suolo, il territorio della Valle d'Aosta ha un elevato grado di naturalità, infatti solamente il fondovalle principale ed alcuni delle vallate laterali presentano forti occupazioni antropiche, con una percentuale pari al 2,15% sul totale (Frosini 2023). La vegetazione risulta molto variabile in funzione delle fasce altitudinali locali e delle condizioni geologiche e geomorfologiche presenti sul territorio (Progetto Corine Land Cover).

2.1.2 Processi gravitativi

I processi gravitativi interessano in gran parte la regione, e sono causati, oltre dalla storia passata della Valle d'Aosta, anche dagli ampi dislivelli altimetrici e da ulteriori sollecitazioni dovute alla stagionalità, come ai cicli di deposito e fusione del manto nevoso. Le dinamiche di versante sono intense e permettono l'osservazione di differenti tipologie di fenomeni, tra cui i seguenti:

- **Deformazioni Gravitative Profonde di Versante (DGPV):** si tratta di fenomeni caratterizzati da deformazione estremamente lenta che può interessare anche interi versanti. Gli spostamenti, seppur estremamente lenti (attorno ad un ordine di grandezza di millimetri all'anno), risultano continui sul lungo periodo, arrivando a causare danni strutturali a edifici ed infrastrutture.
- **Debris flow o colate detritiche:** sono flussi rapidi composti da acqua e sedimenti, da una granulometria fine fino a blocchi di dimensioni rilevanti, incanalati lungo gli impluvi dei versanti. Hanno un comportamento simile a quello di un liquido ed il materiale trasportato si accumula allo sbocco dei corsi d'acqua. Spesso vengono innescati da precipitazioni consistenti e coinvolgono terreni sciolti e coperture di varie granulometrie, soprattutto in presenza di pendenze elevate. Poiché questi eventi presentano processi di origine torrentizia e non soltanto gravitativa, in passato sono stati esclusi dal Progetto IFFI della Valle d'Aosta.
- **Scivolamenti rotazionali o traslativi:** i blocchi di roccia scorrono lungo un piano di scivolamento che può essere piano oppure curvo, facilmente identificabile se la frana non ha una dimensione rilevante. Risulta, invece, più complesso riconoscere la tipologia di scorrimento per frane di dimensioni ingenti.
- **Rockfalls o crolli in roccia:** si tratta di crolli di blocchi o porzioni di roccia, che si distaccano da pendii molto acclivi. Questi fenomeni possono risultare molto pericolosi in quanto imprevedibili ed estremamente rapidi. Tendenzialmente, nella regione Valle d'Aosta si evidenziano rockfalls molto più frequenti in litotipi quali gneiss, metagranati e metabasalti, ossia rocce competenti. Inoltre, la frequenza risulta maggiore alle medie ed alte quote e in funzione del grado di fratturazione dell'ammasso roccioso.

- Ribaltamenti: fenomeni simili ai rockfalls per la rapidità dell'evento, in cui la roccia subisce un ribaltamento attorno ad un punto situato al di sotto del centro di gravità del blocco e in corrispondenza della sua base. Come per i rockfalls, le aree più soggette a ribaltamenti si trovano a medie ed alte quote, su versanti acclivi e fratturati.

L'area regionale totale interessata da frane è di 520,35 km². Tra i differenti tipi di frane sopra elencati, con una percentuale di 23,1% sul totale delle frane, i crolli ed i ribaltamenti sono i fenomeni che si verificano più di frequente e che producono il maggior numero di danni: le problematiche riscontrate coinvolgono sia flora che fauna, ma anche persone, edifici e mezzi di trasporto. Nella figura sottostante (Figura 4) è possibile osservare come i rockfalls impattino in maniera rilevante sulla viabilità della regione Valle d'Aosta, coinvolgendo le arterie stradali principali ed anche quelle secondarie.

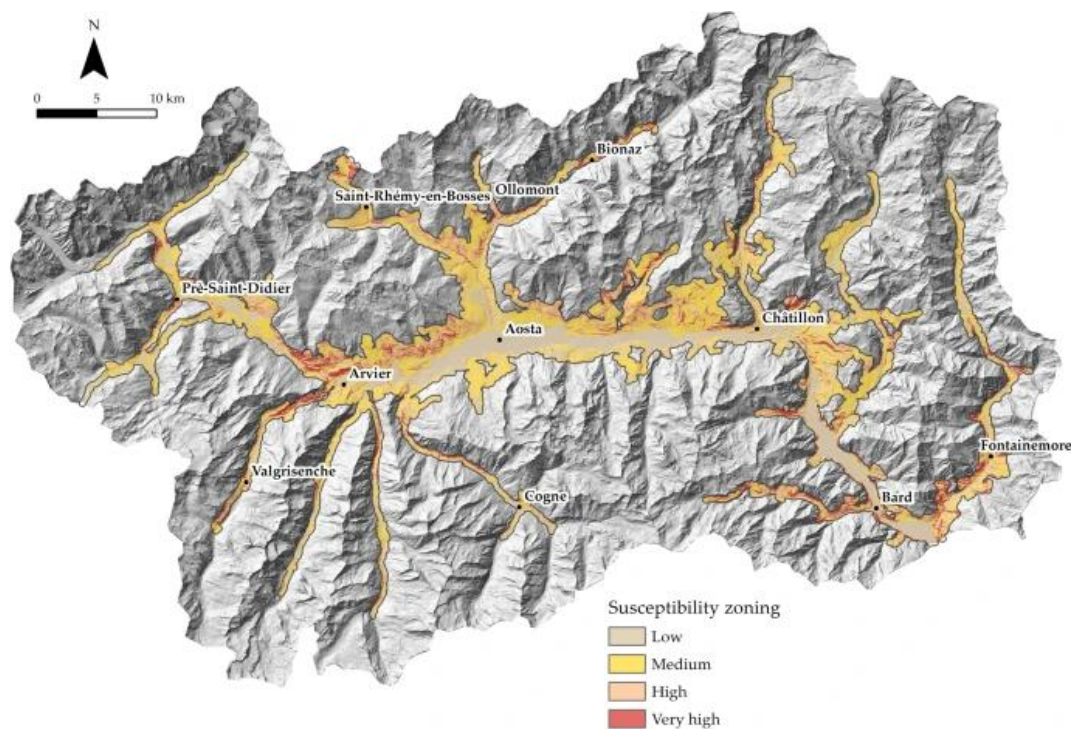


Figura 4: Mappa di suscettibilità alla caduta massi lungo le principali arterie stradali (Cignetti et al., 2024)

Questi fenomeni non sono facilmente prevedibili, ma per evitare danni importanti, agendo in anticipo su situazioni complesse, è possibile calcolare la stima del danno atteso, derivante dall'interazione tra un fenomeno naturale e l'ambiente antropizzato. Di seguito è quindi possibile osservare la formula per il calcolo del rischio:

$$R = H \times E \times V$$

Dove:

- R è il rischio;
- H è la pericolosità (hazard), ossia la probabilità che si verifichi un determinato evento con determinate caratteristiche (es. dimensione o volume) in una data area ed entro un dato intervallo di tempo;
- E è l'esposizione, ed indica il valore degli elementi a rischio;
- V è la vulnerabilità, e rappresenta il grado di perdita atteso per uno o più elementi specifici.

Poiché i rockfalls sono eventi frequenti ed improvvisi che possono anche coinvolgere grandi volumi di roccia, è fondamentale essere in possesso di sufficienti informazioni sugli avvenimenti. Il monitoraggio risulta, perciò, un tassello molto importante per porre l'attenzione sulle aree più fragili: tramite questo è possibile tenere conto delle zone in cui si verificano il maggior numero di eventi, delle loro dimensioni e delle conseguenze provocate, permettendo di agire con soluzioni preventive. Per monitorare la situazione regionale risultano di fondamentale importanza anche le segnalazioni della popolazione ed i rilievi delle autorità locali che effettuano sopralluoghi sul territorio. L'insieme dei dati raccolti permette la gestione e la mitigazione del rischio, che può avvenire anche tramite interventi antropici, come l'installazione opere di protezione passiva come le reti paramassi, i rilevati e le gallerie paramassi, ma anche le briglie di trattenuta lungo i torrenti per selezionare il materiale solido trasportato dai corsi d'acqua. La mitigazione del rischio è una pratica possibile, sebbene non semplice, e talvolta è necessario utilizzare dei metodi e studi innovativi per analizzare la condizione di una determinata area, al fine di proteggere la popolazione residente in aree a rischio. Questa tesi si propone di utilizzare alcune tecnologie emergenti al fine di ottenere un quadro complessivo sulle condizioni della Valle d'Aosta.

2.2 Materiali

In questo capitolo vengono esposti i materiali con cui sono state svolte le analisi della presente tesi. Prima dell'inizio, sono stati osservati i documenti disponibili al fine di individuarne le caratteristiche principali, ottenendo così un quadro complessivo sul set di dati disponibile.

2.2.1 Le schede EDF del Catasto Dissesti Regionale

Il Catasto Dissesti Regionale della Valle d'Aosta è un archivio digitale degli eventi franosi che nasce dalla necessità di ampliare le conoscenze nell'ambito del rischio idrogeologico regionale. Si presenta tramite un portale web in cui è presente un'ampia banca dati che include eventi alluvionali esondazioni, e diverse tipologie di frane quali le frane di crollo, le cadute massi, i debris flow ed altre forme di instabilità dei versanti.

Al fine di favorire la ricerca di informazioni, il portale offre una funzione di ricerca avanzata tramite cui è possibile selezionare la tipologia, l'ubicazione, l'accadimento temporale o i codici identificativi specifici dei fenomeni di interesse (Figura 5).

Ad ogni fenomeno registrato è associata una scheda EDF (Event Data Form, ossia le Schede Dati Evento), identificata da un numero univoco, scaricabile direttamente dal portale web in un documento formato PDF.

Selezionando i singoli eventi sul portale, si accede ad uno schema tabellare (Figura 6) che permette di consultare rapidamente i dati principali, come la dinamica del fenomeno, i volumi coinvolti e i danni segnalati. Molti eventi dispongono inoltre di geolocalizzazioni tramite Google Earth e, in diversi casi, sono accompagnati da fotografie che aiutano a comprendere meglio i dettagli dell'accaduto.

Siccome le schede risalenti a periodi precedenti al 2011 sono state ottenute tramite informazioni reperite da giornali, parrocchie locali e talvolta sono disponibili solamente in lingua francese o patois, la loro lettura risulta molto complessa e, inoltre, spesso non vengono indicate informazioni sufficienti per lo svolgimento delle analisi. Lo studio, perciò, è stato svolto sulle schede EDF del periodo gennaio 2011 – dicembre 2023.

**Catasto Dissesti Regionale
SCT**

HOME GEONAVIGATORE QUESTIONARIO INFORMAZIONI CONTATTI

Home

SELEZIONA CONTESTO

EVENTI ALLUVIONALI ▼ Apri

FENOMENI IDRAULICI S.L.

EROSIONE DI SPONDA

ESONDAZIONE

ALLUVIONE

FENOMENI IDRAULICI SECONDARI

DEBRIS-FLOW

FRANA S.L.

CADUTA MASSI

FRANA DI CROLLO

FRANA COMPLESSA

RICERCA ✓ Ricerca avanzata

Descrizione: Ricerca Azzera Ricerca attiva ⚠

Comune:

Codice Ifi: - -

Intervallo di tempo: da: 01/01/2011 a: 31/12/2023

Id. fenomeno:

Tipologia:

☐ Alluvioni	☐ Alluvionamento	☒ Caduta massi
☐ Debris Flows	☐ Erosione di sponda	☐ Esondazione
☐ Frana complessa	☐ Frana di colamento	☒ Frana di crollo
☐ Frana di scivolamento	☐ Instabilità potenziale	☐ Fenomeni idraulici
☐ Smottamento	☐ Fenomeni con dinamica glaciale	☐ D.G.P.V.
☐ Altri fenomeni		

EVENTI

Sono presenti in archivio 869 dissesti (descritti in 889 schede) con tipologia: **caduta massi** o **frana di crollo** a partire dal: 01/01/2011 fino al: 31/12/2023

Pagina corrente: 1 [Vai alla pagina 2](#) [Vai alla pagina 112](#)

VALTOURNENCHE
La Servaz
23/12/2023
Caduta massi

Fenomeni registrati: 1

LILLIANES
SR 44 km 8 - Località Pont
Vale
22/12/2023
Caduta massi

Fenomeni registrati: 1

ARVIER
Strada regionale per
Valgrisenche km 9+050
21/12/2023
Caduta massi

ARVIER
Leverogne a monte imbocco
est galleria S.S.26
12/12/2023
Caduta massi

Figura 5: Portale web del Catasto Dissesti. La ricerca avanzata permette di selezionare un intervallo temporale e una o più tipologie di fenomeno, oltre all'inserimento di descrizioni, Comuni e codici identificativi

SCHEDA DI DETTAGLIO

Codice fenomeno: C-23-12-2023-00-V-Cm-X Id. fenomeno: 37213 [precedente](#) 1 2 3 4 5 ... 7 [successiva](#)

Codice Ifi:

Nome fenomeno: Caduta massi in loc. La Servaz (VALTOURNENCHE) del 23/12/2023

Sottocategoria: Caduta massi

Data e ora: 23/12/2023 - n.d.

Descrizione: finché persiste il vento non si può escludere la eventualità di schianti con inneschi analoghi

Cause: Raffiche forti di vento che hanno provocato la caduta delle piante

Dimensioni/ Morfometria: Il fenomeno ha un volume inferiore a 10 mc

Danni: Tratto rete sentieristica comunale Cretaz - La Servaz, rete paramassi strada comunale La Servaz e impatto sul sedime stradale

Comune: VALTOURNENCHE

Località: La Servaz

Bacino princ. sec: Dora Baltea, Bacino T. Marmore

Bacino locale: Cheney



Figura 6: Esempio di scheda di un evento riportato all'interno del Catasto Dissesti online

Per ottenere un set di dati funzionale, la ricerca sul portale è stata impostata sulle tipologie “caduta massi” e “frana di crollo”, restringendo ulteriormente il campo tramite la selezione dell'intervallo temporale compreso tra gennaio 2011 e dicembre 2023, come visibile nelle selezioni effettuate in Figura 5.

Infine, sfruttando le funzioni del sito, per ogni scheda EDF è stato scaricato il documento corrispondente, contenente tutti i dati del singolo evento.

Come accennato precedentemente, le schede EDF presenti nel Catasto Dissesti dispongono di uno schema univoco, in cui sono presenti i seguenti campi (Figura 7):

- Codice fenomeno: è composto da una serie di lettere e numeri separati dal simbolo ‘trattino’ che indicano:
 - C/F/I: F frana, C caduta massi, I indeterminato
 - Giorno
 - Mese
 - Anno
 - 00/01/02: numero di progressiva al fine di evitare dupliche dello stesso codice nel momento in cui la data e la tipologia di fenomeno risultano le stesse
 - Cm/Cr/Ac: Cm caduta massi, Cr frana di crollo, Ac aree soggette a crolli
- Id. fenomeno: è un numero identificativo univoco che si riferisce ad una precisa scheda e, di conseguenza, ad uno specifico evento. Questo numero viene anche utilizzato come nome del file PDF in cui è salvata la scheda, e ciò è stato utile nell’elaborazione dei dati per associare determinate informazioni alla scheda di riferimento corretta.
- Nome fenomeno: questo campo spesso viene riempito con informazioni differenti. Al suo interno è possibile trovare indicazioni geografiche, temporali, ma anche la tipologia di evento oppure, in alcuni casi, anche altre informazioni specifiche. Talvolta vengono, quindi, riportate all’interno di questo campo informazioni

presenti anche in altri campi, creando una ridondanza di informazioni nella scheda.

- Sottocategoria: qui viene espressa la tipologia di evento, come crollo, caduta massi o, più genericamente, frana.
- Data e ora: contiene informazioni temporali, ma nella maggior parte dei casi l'orario risulta mancante.
- Descrizione: si tratta di un campo in cui è possibile riportare l'evento tramite una descrizione testuale libera, a discrezione dell'operatore.
- Cause: in questo campo vengono riportate, qualora note, le cause del fenomeno descritto.
- Dimensione/Morfometria: qui vengono indicate la dimensione e la morfometria del materiale interessato dall'evento di dissesto. In questo campo è presente un'importante variabilità delle unità di misura utilizzate, che vengono indicate con espressioni differenti, come ad esempio “mq”, “m2”, “mc”, “m3”. La descrizione volumetrica può variabilmente riferirsi alla dimensione di singoli blocchi oppure al volume totale dell'evento e/o ad entrambe, talvolta riportando anche descrizioni in forma solamente testuale, senza alcun dato numerico.
- Danni: è un campo descrittivo in cui è possibile riportare gli eventuali danni causati dall'evento. Alcune schede riportano descrizioni testuali dettagliate, mentre in altre i dati sono parziali, non approfonditi oppure assenti. Spesso le informazioni relative ai danni vengono riportate anche o solamente nel campo “descrizione”.
- Comune: in questo campo viene fornita l'indicazione dell'ubicazione del fenomeno riportando il nome del comune in cui è occorso.

- Località: in questo campo viene dettagliata l'informazione relativa all'ubicazione del fenomeno, spesso riportando espressioni differenti, che variano dal chilometraggio delle strade regionali a informazioni basate su punti di riferimento visivi.
- Bacino principale: in questo campo viene indicato il bacino idrografico principale di afferenza; poiché tutti gli eventi considerati sono avvenuti nella regione Valle d'Aosta, il bacino principale è sempre la Dora Baltea.
- Bacino secondario: in questo campo viene dettagliato il bacino idrografico secondario in cui è occorso il fenomeno.
- Bacino locale: si tratta di un ulteriore approfondimento dell'area coinvolta.
- Fonte: questo campo è internamente suddiviso come segue:
 - Ente produttore: è necessario per poter risalire all'ente che ha redatto il documento.
 - Oggetto/titolo: permette di esplicitare in maniera descrittiva l'accaduto.
 - Allegati: consente di tenere traccia dell'esistenza o meno di fotografie scattate in situ.

	
Département de la protection civile et des sapeurs-pompiers - Chef de la Protection civile Centre fonctionnel régional	
Dipartimento Protezione Civile e Vigili del fuoco Centro funzionale regionale	

CATASTO DISSESTI REGIONALE SCT	
---------------------------------------	--

Codice fenomeno		Id. fenomeno	
Nome fenomeno			
Sottocategoria			
Data e ora			
Descrizione			
Cause			
Dim./Morfometria			
Danni			
Comune			
Località			
Bacino princ.,sec.			
Bacino locale			
Fonte	Ente produttore: Oggetto/Titolo: Allegati:		

Figura 7: Esempio di scheda EDF prima della compilazione

Le schede EDF vengono compilate da un operatore del Corpo Forestale Valdostano (CFV) o i Vigili del Fuoco a seguito di un sopralluogo. Ogni scheda, seppur strutturata secondo uno schema standard, presenta un grado di soggettività legato alla compilazione del singolo operatore. Questo genera un certo grado di disomogeneità nella compilazione dei dati e dei vari campi, che a posteriori complica la reperibilità e fruibilità dei dati, soprattutto analizzando i documenti a distanza di tempo.

Nell'Allegato è possibile visualizzare due esempi di schede considerate, uno con una compilazione sintetica e scarsamente descrittiva, uno con una compilazione altamente descrittiva e ricca di dati ed informazioni relative al fenomeno considerato. In generale, le principali differenze riguardano:

- La scheda n° 33056 presenta un’ampia descrizione, un paragrafo consistente sulle cause della caduta massi, qualche dato sui danni rilevati e sulle dimensioni dell’evento. La scheda, inoltre, è compresa di informazioni fotografiche.
- La scheda n° 20005, invece, risulta fornire dati meno specifici e privi di descrizioni accurate. Nella scheda non sono indicate né le cause né le dimensioni dell’evento, non sono presenti allegati fotografici e non risulta chiara la descrizione riguardante i danni provocati.

Questi due esempi sottolineano come, in generale, le informazioni presenti nelle schede sono spesso distribuite in maniera differente rispetto alla struttura della scheda stessa, con gradi di dettaglio e criteri che variano in base alla scheda presa in considerazione.

Poiché le schede, a seguito della compilazione, non contengono dati indicati in maniera univoca e standardizzata, si è pensato di utilizzare una tecnologia emergente, quale l’intelligenza artificiale, per l’estrazione ed elaborazione delle informazioni per ottenere dati maggiormente strutturati e classificati utili per la generazione di un vero e proprio database.

Negli ultimi anni, i dati del Catasto Dissesti del periodo 1180 – febbraio 2020 sono stati utilizzati per produrre una carta di suscettibilità al fine di attenzionare le aree valdostane con una frequenza degli eventi maggiore (Figura 4 presente nel capitolo “Processi gravitativi”), evidenziando l’elevata criticità nella gestione del rischio da crolli in roccia in questo territorio montano. A distanza di 3 anni, registrando l’occorrenza di nuovi 198 fenomeni di crollo sul territorio regionale, è stata svolta analisi automatica del testo attraverso l’impiego del *text mining*, ossia una ricerca per vocaboli all’interno delle schede finalizzata a definire l’esistenza di danni e il grado di danno connesso, la presenza di misure di protezione sia strutturali che naturali, e il potenziale coinvolgimento della rete stradale secondaria, utilizzando le informazioni del periodo compreso tra il gennaio 2000 e dicembre 2023 (Cignetti et al. 2024).

In Figura 8, di seguito, è possibile osservare le differenti categorie di vocaboli utilizzati per l’analisi del danno provocato dagli eventi, tra cui le barriere strutturali, ma anche elementi naturali, infrastrutture ed edifici.

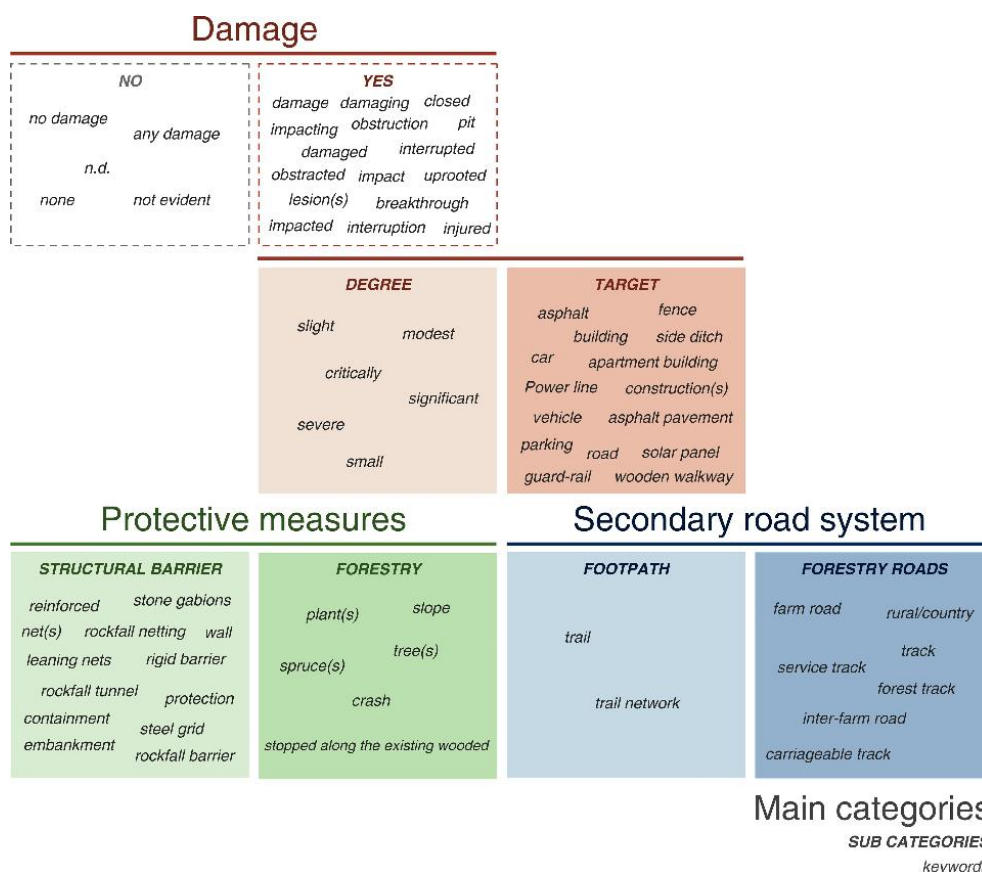


Figura 8: Parole chiave utilizzate da Cignetti et al., 2024 per l'applicazione del text mining, suddivise in tre principali categorie

Dagli studi svolti, perciò, è possibile notare come il Catasto Dissesti della Valle d'Aosta sia risultato un tassello fondamentale per il reperimento di dati ed informazioni funzionali alla gestione e mitigazione del rischio nelle differenti aree regionali. I risultati di letteratura rappresentano un tassello utile verso l'analisi e la caratterizzazione su larga scala di tali fenomeni, ma un'estrazione sistematica e automatizzata dei dati relativi a tali fenomeni, ad oggi risulta mancante. Prendendo spunto dalla letteratura, è possibile formulare nuove metodologie per proseguire verso tali obiettivi ai fini di una più funzionale pianificazione territoriale e prevenzione.

2.3 Metodologia

In questo capitolo vengono esposti i metodi con cui sono state svolte le analisi della presente tesi. Inizialmente è stato svolto uno studio sugli LLM disponibili, al fine di scegliere quali utilizzare sulla base delle caratteristiche, della diffusione e della fruibilità degli stessi. Successivamente è stato deciso un *modus operandi* per definire l'approccio a questa tipologia di AI ed ai risultati ottenuti.

2.3.1 La scelta degli LLM

Gli LLM sono modelli avanzati di intelligenza artificiale generativa, ognuno con le sue caratteristiche specifiche date dalle aziende produttrici. Per questo, prima di iniziare le analisi è stato necessario comprendere quali fossero le peculiarità di ogni LLM in modo da sceglierne consapevolmente un numero limitato.

Ogni LLM può avere differenti versioni poiché vengono costantemente aggiornate ed anche costantemente addestrate per migliorare le loro prestazioni, la qualità dei ragionamenti e la rapidità con cui viene fornita una risposta.

Esistono alcuni parametri, denominati *benchmark*, che permettono di confrontare le prestazioni delle AI: alcuni risultano più specifici, come il SWE-bench (Fierro 2025), che permette di misurare le capacità di coding e di correzione dei bug, mentre altri sono utili nella quantificazione dell'accuratezza in ambiti come la logica o la cultura generale. Ogni versione di un LLM viene sottoposta a test specifici per valutare i progressi e i miglioramenti ottenuti rispetto alla versione precedente.

Le AI hanno origini differenti, basate sul Paese in cui è collocata l'azienda produttrice:

- Cina: DeepSeek, Kimi, Qwen
- Stati Uniti: Llama (Meta), Copilot, Gemini, Grok, ChatGPT, Claude
- Europa:
 - Francia: Mistral
 - Svizzera: Apertus
 - Germania: Teuken

Ogni AI possiede delle licenze differenti in base alle quali possono risultare completamente gratuite o gratuite solamente nella versione base. Esiste, eventualmente, la possibilità di integrare con uno degli abbonamenti disponibili al fine di avere un'esperienza e una qualità di livello maggiore. Spesso la gratuità di un LLM viene confusa con il concetto di *open source*, ma, per comprendere più a fondo ciò che viene fornito all'utente, è necessario effettuare una distinzione tra:

- *Free as in beer*: si riferisce alla gratuità, ossia alla possibilità di usufruire delle AI senza effettuare un abbonamento a pagamento.
- *Free as in speech*: si riferisce alla libertà, poiché in questo caso il modello diventa un bene comune installabile privatamente, e che è possibile adattare alle proprie esigenze specifiche. L'*open source* rientra in questa descrizione. Nel mondo degli LLM, però, spesso si parla più precisamente di *open weights*, ossia modelli che permettono agli utenti di possedere i pesi pre-addestrati dall'azienda e di personalizzarli in base alle proprie necessità: questo permette all'utente di non creare un modello ma di adattarne uno già esistente (Vurro 2024). Sebbene l'*open weight* garantisca l'autonomia d'uso e di modifica, non offre una libertà completa come l'*open source*, poiché i dati originali e il processo di addestramento rimangono spesso privati.

Non tutte le aziende, quindi, mettono totalmente a disposizione le loro AI: in Tabella 1, perciò, vengono esplicitate le caratteristiche di ogni LLM nella loro versione base, considerando le loro licenze. Gli LLM che presentano un asterisco presentano alcune limitazioni, elencate nel testo.

Tabella 1: Caratteristiche degli LLM nella versione base

Software LLM	Free as in speech		Free as in beer
	Codice open source	Open weight	Nessun costo di utilizzo
Apertus	✓	✓	✓
ChatGPT	✗	✗	✓ *
Claude	✗	✗	✓ *
Copilot	✗	✗	✓ *
DeepSeek	✓	✓	✓
Gemini	✗	✗	✓ *
Grok	✗	✓	✓ *
Kimi	✓	✓	✓
Llama	✗	✓	✓
Mistral	✓	✓	✓
Qwen	✓	✓	✓
Teuken	✓	✓	✓

- ChatGPT, Gemini, Copilot, e Claude nella loro versione base sono esclusivamente *free as in beer*, infatti possono essere utilizzate gratuitamente con limitazioni legate al numero di richieste all'interno di una finestra di tempo. Per questi quattro LLM non è possibile scaricare il codice del programma.
- Llama (Achilli 2025) risulta *free as in beer* ed è possibile scaricarlo con limitazioni poiché risulta necessario richiedere un'autorizzazione se l'azienda supera i 700 milioni di utenti attivi mensili (F2innovation and Colantuoni 2025), perciò non si può considerare totalmente *free as in speech*.
- Grok, invece, risulta *free as in speech* e in *free as in beer* (Davies 2024) solamente con alcune limitazioni come per ChatGPT, Gemini, Copilot e Claude.

- DeepSeek, Qwen e Kimi sono AI *free and open source*, ossia sia *free as in beer* che *free as in speech*, come gli LLM europei Apertus (Swiss AI Initiative 2026), Mistral e Teuken.

Oltre alle differenti caratteristiche tecniche, per la scelta degli LLM da utilizzare per le analisi sono stati presi in considerazione gli aspetti sopra citati, ma anche il grado di diffusione di ogni LLM.

Dopo qualche valutazione, sono state scelte, inizialmente, le seguenti Intelligenze Artificiali:

- ChatGPT
- Gemini
- Llama
- Claude
- DeepSeek

Durante il percorso, le AI sono state riviste al fine di migliorare la qualità dei dati ottenuti, aggiungendo, così, DeepSeek ed eliminando, invece, Llama.

2.3.2 Analisi di documentazione con gli LLM

Le analisi sono state svolte su 854 schede EDF digitalizzate in formato PDF seguendo uno schema iterativo (Figura 9) in cui si procede per cicli al fine di ottimizzare il risultato.

Le schede del Catasto Dissesti sono state allegate alle chat degli LLM seguite da un prompt creato appositamente per ottenere uno specifico risultato. Gli output degli LLM sono stati analizzati e differenziati in base al grado di pertinenza della risposta fornita dalle AI:

- Nel caso di output soddisfacenti, il risultato è stato sottoposto ad un controllo al fine di assicurarsi la correttezza dell'output generato.
- Per gli output non soddisfacenti e per risultati incorretti, si è proceduto all'affinamento dell'input in modo da evitare eventuali allucinazioni o risposte non complete, creando perciò un nuovo prompt da sottoporre agli LLM.

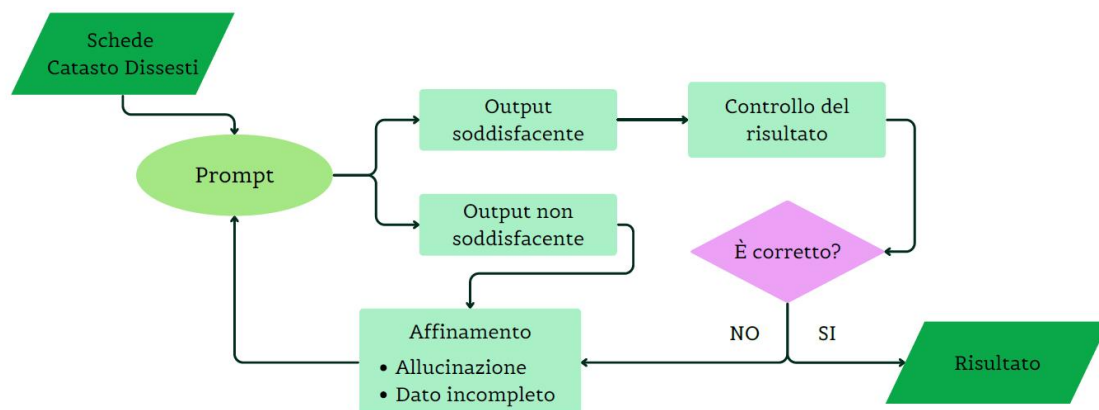


Figura 9: Schema iterativo utilizzato per l'analisi dei dati

Durante il processo, è stato necessario effettuare sia dei confronti manuali che alcuni controlli tramite l'utilizzo del linguaggio di programmazione R per comprendere l'effettiva precisione degli LLM.

Prima di iniziare ad utilizzare le AI, è stata svolta una lettura di un campione di 20 schede EDF al fine di stimare il tempo necessario per la raccolta di dati manuale. È stata, perciò,

prodotta una tabella in formato .xlsx con i 20 fenomeni disposti ognuno su una riga e sette colonne, distribuite come segue:

- Codice fenomeno
- Id. fenomeno
- Data e ora
- Comune
- Località
- Dimensione
- Unità di misura

Per l'elaborazione manuale della tabella è stato necessario un tempo pari a circa 40 minuti, perciò, effettuando una stima, se il tempo impiegato per una singola scheda è all'incirca pari a 2 minuti, per la raccolta manuale dei dati presenti nelle 854 schede EDF sarebbero necessarie circa 28 ore e 47 minuti, senza contare il tempo necessario per la possibile ed eventuale correzione dell'errore umano.

RISULTATI

3.1 Analisi delle schede EDF del periodo gennaio 2011 – dicembre 2023

Applicando la metodologia descritta nel capitolo precedente (Figura 9), sono stati creati prompts per testare gradualmente le prestazioni e capacità di ogni AI.

Tutte le AI inizialmente sono state testate nella versione gratuita.

Di seguito vengono riportati in Tabella 2 i risultati dei diversi LLM in forma sintetica, utilizzando, come precedentemente, un sistema semaforico che indichi la qualità del risultato per ogni singolo prompt. È possibile, perciò, osservare un colore per ogni prompt sottoposto ai singoli LLM:

- Il colore verde è osservabile in caso una buona risposta da parte dell'AI;
- Il colore giallo in caso di una risposta non completa;
- Il colore rosso per elaborazioni errate.

Nella tabella in alcune caselle è presente il simbolo “-” per indicare che l'AI non è stata utilizzata per quel prompt. Questo, spesso, è collegato alla ristretta autonomia data dalle limitazioni delle versioni gratuite degli LLM.

Seguendo lo schema metodologico, per alcuni prompt sono stati effettuati degli ulteriori tentativi al fine di ottenere una qualità migliore del dato: se il risultato finale è risultato soddisfacente, il colore visibile sarà il verde.

Per il primo prompt è stato utilizzato anche l'LLM Llama, ma a seguito dell'impossibilità di caricare file in formato PDF o .docx, si è deciso di non proseguire con il suo utilizzo. La stessa problematica si è successivamente presentata con l'LLM Copilot. Dopo le fasi

iniziali, è stata, invece, introdotta una nuova AI – DeepSeek – conosciuta tramite una lista aggiornata sulle migliori intelligenze artificiali del momento (Researchers from UC Berkeley).

Di seguito un breve riassunto dei prompt utilizzati al fine di estrarre le informazioni indagate anche durante la raccolta di dati manuale effettuate nel capitolo precedente per la stima di tempo, come dati temporali, l'ubicazione, il grado di danno causato dall'evento e le dimensioni dello stesso. Durante lo svolgimento delle analisi, a causa dei risultati parziali ottenuti, è stato necessario modificare le modalità di input dei dati per renderli più accessibili agli LLM. Per la forma estesa è possibile visualizzare l'Allegato.

1. I primi prompt creati avevano lo scopo di osservare se gli LLM fossero in grado di decodificare le strutture di alcune schede EDF inviate contemporaneamente. Per il primo prompt, perciò, sono state allegate cinque schede casuali alla sola richiesta di estrazione dei nomi dei Comuni coinvolti nei cinque eventi.
2. Aumentando il grado di complessità, nel secondo prompt è stato incrementato anche il numero di informazioni da trovare all'interno delle schede e nel terzo l'intenzione era di ottenere l'unione dei dati precedentemente raccolti dalle AI aggiungendo dettagli fondamentali per definire il fenomeno avvenuto.
3. Dopo i precedenti tentativi sono state utilizzate cinque schede differenti dalle precedenti effettuando una scelta mirata ad avere due eventi avvenuti nel Comune di Lillianes e tre nel Comune di Valsavarenche, al fine di osservare la correttezza nel conteggio delle occorrenze da parte degli LLM.
4. Oltre alle richieste dei primi prompt, nel quarto sono state approfondite le spiegazioni su come recuperare alcuni dei dati, in modo da osservare se la qualità dell'output migliorasse partendo da un input con un maggior grado di specificità.
5. Per il quinto prompt sono state individuate e schematizzate le informazioni da estrarre al fine di fornire alle AI una lista precisa dei dati richiesti. Questo schema è stato utilizzato anche nei prompt successivi variando, però, le indicazioni sul metodo di estrazione dei dati riportati in maniera non univoca: i volumi degli eventi, ad esempio, presentavano unità di misura scritte in differenti modi. Inoltre,

- nel prompt n°5 è stato effettuato un tentativo per aumentare il numero di schede allegate, ma purtroppo non è stato possibile inviare più di poche decine di schede.
6. Per ovviare alle problematiche riscontrate, in questo input sono state unite 80 schede EDF in un unico file.
 7. A partire dal file precedentemente creato, è stato richiesto agli LLM di estrarre specifici dati da riportare in un preciso ordine.
 8. Questo prompt è stato incentrato sul text mining, ossia sulla ricerca di occorrenze di parole specifiche all'interno delle schede. Sono state utilizzate alcune liste di parole dei seguenti ambiti: grado di danneggiamento, misure di protezione e sistema stradale.
 9. Anche in questo caso è stato utilizzato il text mining, con lo scopo di associare le parole estratte ad uno specifico evento, in modo da risalire alle schede che riportano determinate occorrenze.
 10. Nel decimo prompt, al fine di rendere più semplice l'estrazione dei dati, è stato richiesto agli LLM di convertire in un altro formato cinque schede EDF separate tra loro.
 11. Nell'undicesimo prompt, invece, è stata effettuata la stessa richiesta ma a partire dalle ottanta schede unite in un unico file.
 12. Continuando il lavoro del prompt precedente, si è scelto il formato testuale per il file contenente le ottanta schede, e sono state unite 845 schede EDF su un totale di 854, con una perdita circa dell'1% dei dati. Di seguito, gli input forniti agli LLM sono tornati ad essere simili a quelli iniziali con lo scopo di estrarre informazioni utili all'identificazione dei fenomeni.
 13. Nel prompt n°13 è stato ridotto il numero di richieste per non sovraccaricare le AI ed ottenere risposte più corrette.
 14. Per il prompt n°14, invece, è stato utilizzato il text mining per l'indagine del grado di danneggiamento.
 15. Nel prompt n°15, nel tentativo di ottenere un output migliore, è stato richiesto agli LLM di suddividere il file testuale contenente 845 schede in 845 file testuali, uno per ogni scheda.
 16. Per questo prompt, l'obiettivo era l'ottenimento di una tabella con tutte le informazioni degli eventi, come già richiesto in precedenza. È stato necessario

compattare gli 845 file testuali in una cartella zip per poter allegare alle chat tutti i documenti necessari.

17. Giunti quasi alla fine dell'analisi viene nuovamente utilizzato il file testuale unico contenente 845 eventi al fine di sottoporre al controllo degli LLM la tabella creata nel prompt n°16 per verificare la correttezza dell'output.
18. L'output 18 viene utilizzato solo per Gemini in quanto risulta l'unico LLM ad aver analizzato i dati in maniera corretta.

Tabella 2: Risultati dei prompt per i diversi LLM espressi tramite sistema semaforico

n° prompt	<i>ChatGPT</i>	<i>Claude</i>	<i>DeepSeek</i>	<i>Gemini</i>
1	●	●	-	●
2	-	●	-	●
3	-	●	-	●
4	-	●	-	●
5	●	●	●	●
6	●	-	-	●
7	-	-	●	●
8	●	●	●	●
9	●	●	●	●
10	●	●	●	●
11	●	●	●	●
12	●	●	●	●
13	●	●	●	●
14	●	●	●	●
15	●	●	●	●
16	●	●	●	●
17	●	●	●	●
18	-	-	-	●

3.2 Controllo dei dati

A seguito del risultato parziale ottenuto nelle analisi svolte, è stato deciso di effettuare un controllo dell'ultima tabella generata, con i dati degli 845 eventi a partire dal file di testo contenente le schede EDF fedelmente riportate, seguita da una validazione manuale per stimare l'errore delle intelligenze artificiali.

Gemini evidenzia autonomamente una problematica: talvolta i nomi dei Comuni risultano molto simili, ma con accenti differenti. Specifica, inoltre, che questi verranno, quindi, conteggiati separatamente. La tabella generata contiene un totale di 797 eventi e, controllando manualmente, per i singoli Comuni il conteggio non risulta corretto.

Effettuando diversi tentativi, si ottengono somme di eventi pari a: 807, 870, 886 e 739.

Per avere un riscontro, viene utilizzato il linguaggio di programmazione R al fine di ottenere gli stessi dati richiesti all'AI.

Vengono, inoltre, confrontati i risultati dell'ultimo tentativo condotto con Gemini (prompt 18, Tabella 2) con i dati di R, calcolati a partire dall'unico testo contenente 845 eventi generato da ChatGPT. La differenza numerica dei dati è osservabile in Figura 10, mentre in Figura 11 possiamo vedere il valore differenziale tra i due metodi.

Si evidenzia che non esiste una costanza nell'errore: non è, perciò, possibile parlare di sovrastime o sottostime, a causa della moltitudine di problematiche.

Inoltre, si osserva che i dati numerici ottenuti da Gemini risultano errati anche per quanto riguarda i nomi dei Comuni (Figura 11), che talvolta appaiono con nomi differenti (es. 'Arnaz' invece di 'Arnad' e 'Allein' invece di 'Allain'). Sui grafici queste casistiche appaiono separatamente, poiché R non trova corrispondenze tra i due Comuni: questo potrebbe essere causato dal fatto che alcuni nomi dei Comuni sono stati riportati in lingua francese.

Per comprendere più a fondo le potenzialità delle AI, e per comprendere gli sviluppi futuri di questo studio, sono stati analizzati due casi particolari, riguardanti una scheda riportata in forma originale ed un evento recente per cui non è ancora stata redatta la scheda EDF.

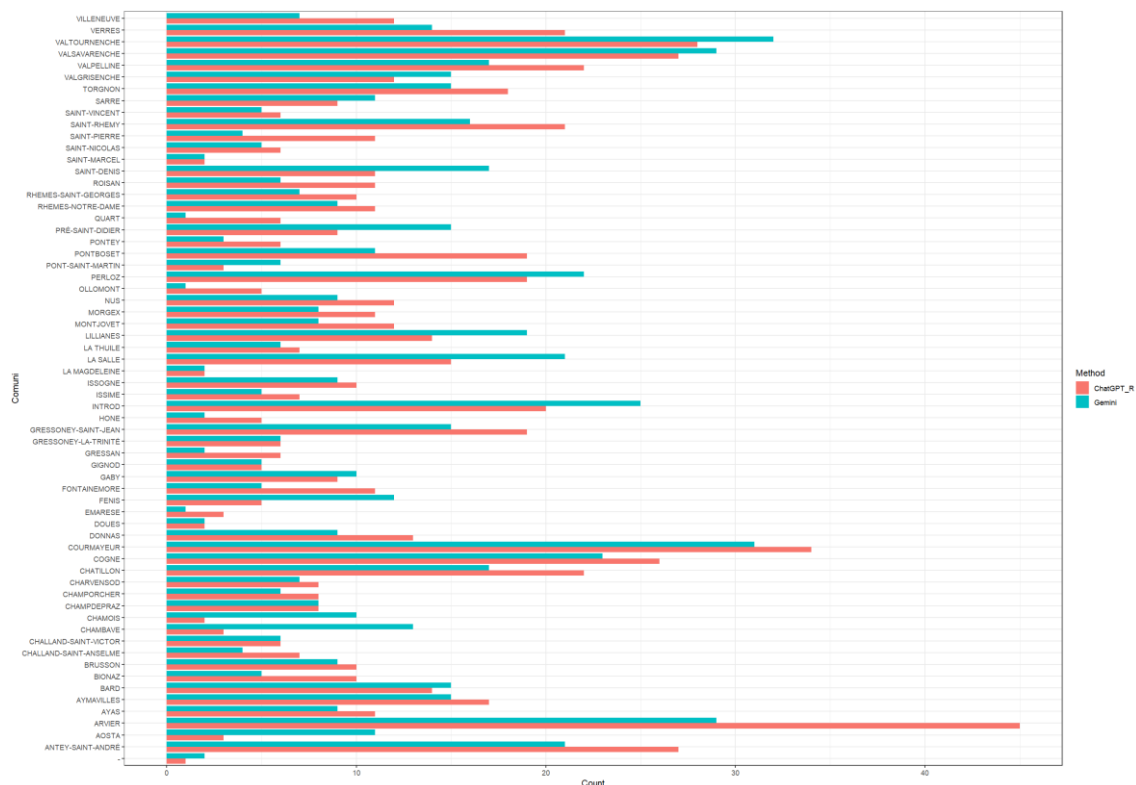


Figura 11: Grafico riguardante la differenza di valori tra i dati ottenuti da ChatGPT e dall'elaborazione con il linguaggio di programmazione R (rosso) e i dati ottenuti dalla tabella generata da Gemini (blu)

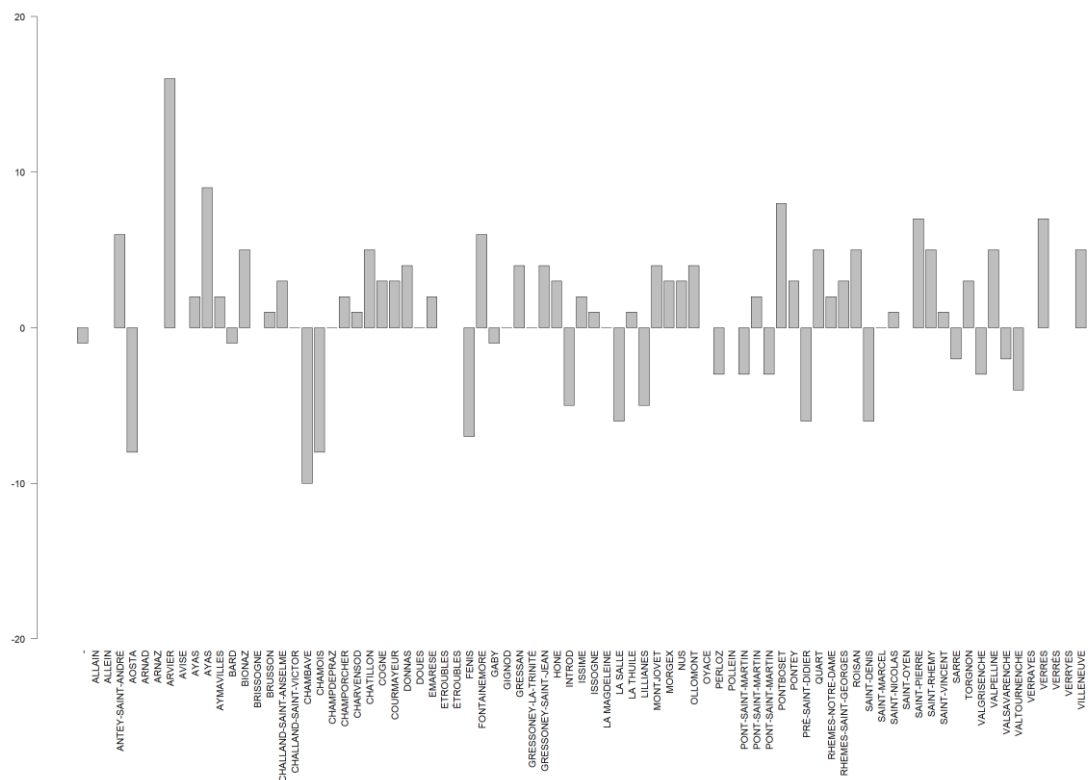


Figura 10: Grafico riguardante il valore differenziale tra i due metodi utilizzati, i cui dati sono esposti in Figura 10

3.3 Analisi di una scheda storica

Come anticipato, per approfondire la ricerca, si è deciso di sottoporre agli LLM una scheda originale del 1934: questa scheda è stata digitalizzata tramite una semplice scannerizzazione, e riporta le informazioni di un evento franoso dell'epoca. Oltre a paragrafi più descrittivi, sia battuti a macchina che scritti a mano, riporta anche un disegno rappresentante una sezione geologica (Figura 12), ossia una rappresentazione grafica bidimensionale in cui viene visualizzata la struttura stratigrafica profonda del terreno, che si ottiene intersecando idealmente la superficie con un piano verticale che si estende in profondità.

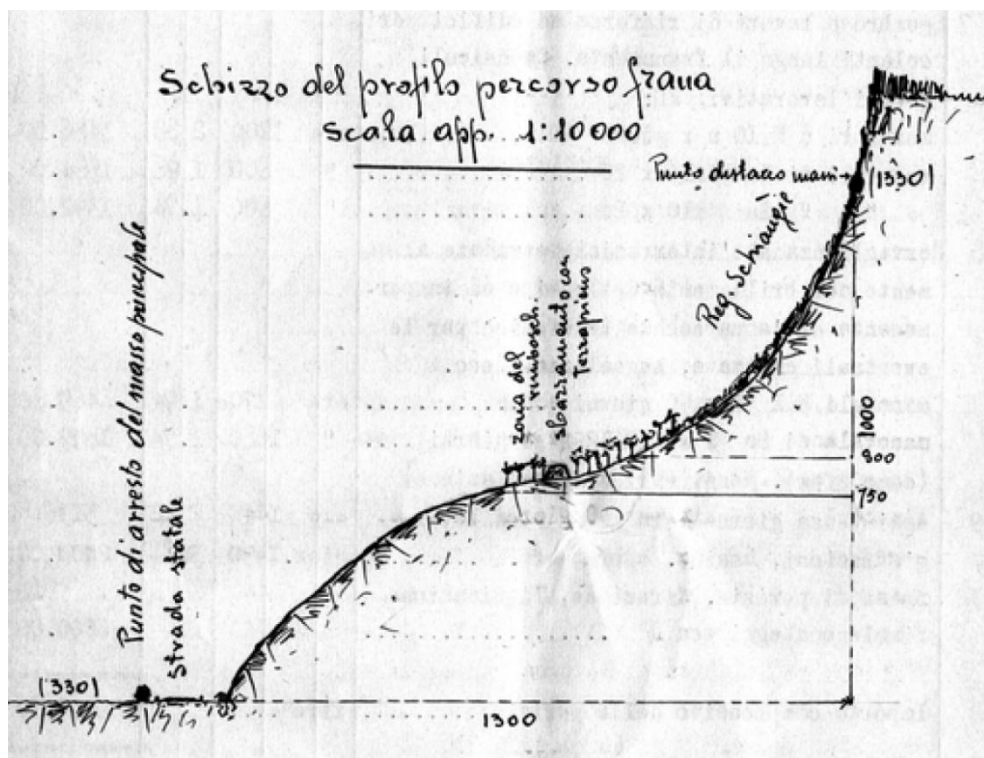


Figura 12: Disegno manuale della sezione geologica di una frana presente all'interno di una scheda EDF risalente al 1934

La scheda EDF è stata allegata nelle chat degli LLM accompagnata dal seguente prompt:

“Analizza il documento allegato e riportane il contenuto”

Non tutte le AI, però, riconoscono la presenza di documenti originali digitalizzati: ChatGPT, infatti, inizialmente riporta la presenza di intestazioni e della frase “Lavori urgenti da eseguirsi in seguito a franamento di massi”, specificando che non sono presenti ulteriori testi.

Claude identifica la presenza di ulteriori documenti ma non approfondisce l’argomento. Continuando l’analisi, l’LLM inizia un’elaborazione in cui vengono riportati gli elementi presenti nel documento in maniera disordinata ed imprecisa. Nonostante ciò, analizza il profilo disegnato riportando sia dati corretti che ipotesi formulate che, sebbene corrette, non possono essere considerate come descrizioni attendibili in quanto definite “ipotesi” dall’LLM stesso. Sono presenti, inoltre, alcuni refusi sulle indicazioni delle pagine alle quali reperire le informazioni.

Per DeepSeek, invece, è necessario l’utilizzo di un secondo prompt, i cui risultati però non risultano soddisfacenti, in quanto non riconosce la presenza della sezione.

L’LLM più sorprendente risulta essere Gemini, che entra sin da subito nella struttura delle scansioni, riportando un riassunto della perizia, in cui vengono esplicitati i lavori proposti ed ulteriori dettagli. In particolare, riporta già dopo il primo prompt la presenza di una sezione intitolata “Figure e annotazioni” (Figura 13) in cui è citata la sezione geologica, non limitandosi ad indicarne l’esistenza ma proseguendo ad una breve descrizione di ciò che è presente all’interno di essa. Formulando un secondo prompt, al fine di osservare le capacità di questa AI, Gemini descrive dettagliatamente gli elementi presenti ed interpreta la dinamica riportata nel documento (Figura 14).

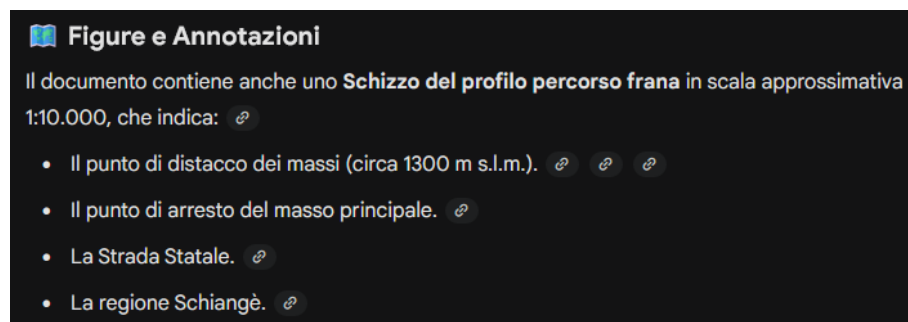


Figura 13: Output di Gemini dopo il primo prompt riguardante la sezione geologica del 1934

Lo schizzo, che ha una scala approssimativa di **1:10.000**, fornisce un'indicazione visiva e altimetrica del percorso compiuto dai massi:    

- **Altitudini Notabili (in metri):**

- Lo schizzo riporta i livelli altimetrici di **1300, 1000, 800, e 750 metri**.    

- **Punto di Distacco:**

- Il punto dal quale i massi si sono staccati è indicato in corrispondenza della **Regione Schiנגè**.    
- L'altitudine di distacco è specificata a circa **1300 m s.l.m.**.     

- **Percorso e Località:**

- Il percorso attraversa la **Regione Schiנגè**. 
- Lo schizzo include annotazioni relative a possibili interventi di **rimboschimento e sbancamento**. 

- **Punto di Arresto del Masso Principale:**

- Il masso principale ha continuato la sua corsa fino a raggiungere il **fondovalle**.  
- Il punto di arresto è localizzato nelle vicinanze dell'abitato di **Pont-Saint-Martin**, specificamente tra le frazioni **Boschi** e **Canton Vallet**.   

- **Infrastrutture Coinvolte:**

- Nello schizzo è indicata la presenza della **Strada Statale**, a un'altitudine inferiore rispetto alla zona di distacco. 

In sintesi, lo schizzo è un diagramma di sezione trasversale che illustra la forte pendenza del terreno e la significativa distanza verticale percorsa dai massi, da circa 1300 metri fino al fondovalle, dove si trova l'abitato e la Strada Statale.

Figura 14: Output di Gemini dopo il secondo prompt riguardante la sezione geologica del 1934

3.4 Analisi di un evento recente

Per testare ulteriormente queste nuove tecnologie, gli LLM sono stati interrogati anche al fine di ottenere informazioni di un evento a distanza di una settimana dall'accadimento, senza essere ancora in possesso della scheda EDF fornita dalla regione. In particolare, si tratta del rockfalls di dimensioni ingenti avvenuto sulla strada regionale per Gressoney-Saint-Jean in data 06 gennaio 2026 (Figura 15), per cui le uniche informazioni reperibili erano, sia per l'uomo che per l'AI, articoli web di giornali locali.



Figura 15: Immagini di Local Team del crollo in roccia avvenuto a Gressoney il 06 gennaio 2026

Confrontando manualmente i testi dei differenti articoli, tra cui la testata riportata in Figura 16 e le riprese effettuate, sono state reperiti i seguenti dati riguardo al crollo in roccia:

- Comune: Issime
- Località: Champriond, SR 44 (strada che conduce a Gressoney-Saint-Jean)
- Data: 06/01/2026
- Orario: 00:30
- Volume: complessivamente circa 300 m³ di materiale
- Danni: nessuna persona coinvolta, danni alla strada regionale
- Approfondimenti: i residenti sono stati evacuati ed il traffico stradale è stato interrotto



Figura 16: Articolo di AostaCronaca.it concernente il crollo in roccia avvenuto a Gressoney il 06 gennaio 2026

Di seguito, in Tabella 3, si può osservare il grado di accuratezza delle differenti risposte degli LLM per i vari dati indagati. Le informazioni reperite dagli LLM sono state confrontate con quelle ricercate manualmente, assegnando una spunta di colore verde per i dati che risultavano corretti e una croce di colore rosso per quelli errati o non precisi.

Tabella 3: Correttezza degli output generati dagli LLM e differenziati per ogni tipologia di dato

	Comune	Località	Orario	Volume	Danni	Approfondimenti
ChatGPT	✓	✓	✗	✓	✓	✓
Claude	✓	✓	✓	✓	✗	✓
DeepSeek	✓	✗	✗	✗	✗	✗
Gemini	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Oltre all'utilizzo di dati numerici e di fotografie, per comprendere in maniera più approfondita le dimensioni dell'evento sono stati calcolati quanti camion da cava (Figura 17) potessero contenere i 300 m³ di materiale caduto sulla strada.

Considerando una media di 12,5 m³ di capienza per un autocarro a 3 assi, sarebbero necessari un totale stimato di 24 mezzi per equiparare il volume dell'evento.



Figura 17: Immagine rappresentativa di un camion da cava

Questi dati evidenziano l'importanza di effettuare studi riguardanti il rischio di rockfalls, in modo da poter attenzionare e monitorare le aree interessate, ma anche per trovare nuovi metodi che possano prevenire esiti fatali.

A distanza di tempo, è possibile reperire la scheda EDF dell'evento del 06 gennaio attraverso il portale web del Catasto Dissesti. Di seguito vengono elencate le principali informazioni redatte a seguito del sopralluogo effettuato dagli enti regionali valdostani.

- Data e ora: 06/01/2026 – 0
- Dimensioni/Morfometria: il fenomeno ha un volume maggiore di 200 m³
- Danni: sr 44
- Descrizione: all'interno di questo campo compaiono differenti dati numerici
 - 300 m³: volume stimato in prima battuta, a seguito di un sopralluogo tramite elicottero
 - 800/1.000 m³: volume stimato tramite osservazioni condotte con l'ausilio di un drone in data 07/01/2026. La precedente stima è stata rivalutata in aumento a causa della quantità di materiale depositatosi nella parte medio-alta dell'impluvio
 - 100 m³: volume stimato del blocco di roccia arrestatosi nei pressi della strada regionale

Per indagare i possibili sviluppi futuri del presente studio, sono stati interrogati gli LLM al fine di ottenere una rapida compilazione delle schede EDF a partire dalle informazioni presenti online, senza la necessità di un sopralluogo fisico né di un operatore.

Per questa analisi sono stati utilizzati due prompt differenti, e per entrambi è stata allegata la scheda EDF vuota visibile in Figura 7 (capitolo “Materiali”).

1. Il primo prompt è stato formulato in modo da osservare da quali fonti reperibili online attingessero le AI, tenendo in considerazione la presenza della scheda EDF dell'evento sul portale del Catasto Dissesti.
2. Nel secondo, invece, è stato richiesto agli LLM di compilare nuovamente la scheda vuota non considerando, però, il Catasto Dissesti: per farlo è

stato specificato di fingere che la data nel momento in cui è stato inviato il prompt fosse la mattina del 06/01/2026.

Di seguito, in Tabella 4, sono riportate le risposte degli LLM divise per campi, assegnando una spunta di colore verde per i dati corretti ed una croce di colore rosso per quelli errati o non precisi.

Poiché il secondo prompt ha limitato il numero di informazioni reperibili dagli LLM, la correttezza dei dati tiene conto dell'aspetto temporale richiesto nel prompt stesso.

ChatGPT non è stato inserito nella tabella poiché non permette il caricamento della scheda EDF vuota in formato PDF.

Tabella 4: Correttezza degli output generati dai vari LLM in risposta a due differenti prompt

LLM	PROMPT	Comune	Località	Orario	Volume complessivo	Volume del blocco più grande
Claude	n° 1	✓	✓	✗	✗	✗
	n° 2	✓	✓	✗	✗	✗
DeepSeek	n° 1	✓	✗	✗	✗	✗
	n° 2	✓	✓	✗	✗	✗
Gemini	n° 1	✓	✓	✓	✗	✓
	n° 2	✓	✓	✓	✓	✓

L'LLM Claude è stato l'unico a riempire graficamente la scheda EDF, sebbene la sua performance per quanto riguarda il reperimento delle informazioni sia risultata scarsa o addirittura quasi assente (Figura 18).

Figura 18: Scheda EDF compilata dall'LLM Claude

DISCUSSIONE

In questa tesi sono state analizzate 854 schede EDF provenienti dal Catasto Dissesti della Valle d'Aosta attraverso l'utilizzo di quattro differenti Large Language Models. Lo studio è stato finalizzato alla generazione automatica di un database in cui reperire le informazioni riguardanti i fenomeni franosi valdostani. Il punto di partenza delle analisi sono stati documenti in formato PDF aventi una struttura standard ma redatti con un alto grado di soggettività.

Inoltre, sono stati effettuati degli approfondimenti per quanto riguarda due particolari schede, di cui una risalente al 1934 ed una non ancora esistente poiché riguardante un evento recente.

Di seguito vengono esposte le difficoltà riscontrate nell'analisi degli eventi franosi.

4.1 Analisi delle problematiche riscontrate

Osservando i risultati da un punto di vista più esterno, sono state evidenziate le problematiche riscontrate tramite lo stress test delle intelligenze artificiali.

A partire dalla tabella più completa generata da ChatGPT, contenente 846 righe (845 eventi e una riga di intestazione), sono state suddivise le problematiche in base alle colonne presenti nel documento.

Per la colonna “Data_Evento”:

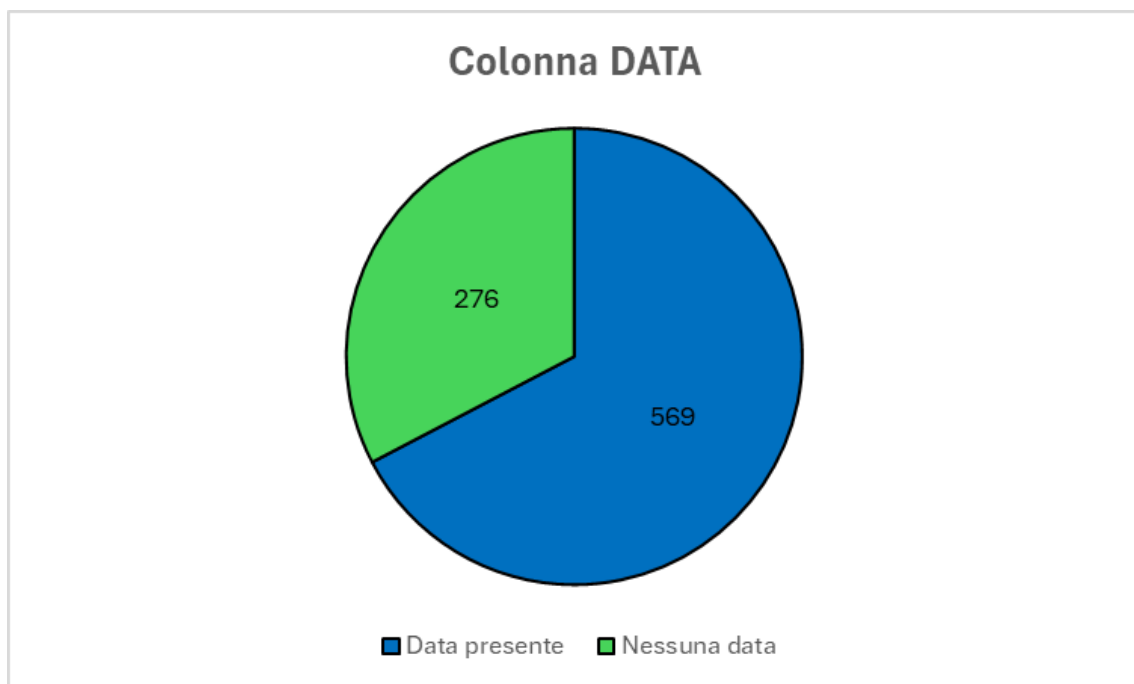


Figura 19: Distribuzione delle frequenze dei valori nella colonna “Data_Evento”

Come citato precedentemente, e come visibile nel Figura 19, il 32,66% degli eventi riportati nella tabella non presenta una data. Effettivamente, la data non è sempre reperibile nell’omonimo campo della scheda dissemi, ma talvolta è necessario prenderla dal campo “Nome fenomeno”. A causa di ciò, l’intelligenza artificiale talvolta non riconosce la presenza del dato. In molti casi, invece, il dato è presente in entrambi i campi ma non appare nella tabella prodotta dalle AI.

Le date risultano, inoltre, scritte in maniera differente, e per le forme non numeriche, gli LLM non reperiscono le informazioni. Di seguito, i criteri con cui viene raccolto il dato:

- In numeri: gg/mm/aa oppure gg/mm/aaaaa
- In parole: 23 marzo 2016 oppure marzo 2016
- Tramite descrizione: seconda metà di aprile, tarda primavera del 2014

Sono presenti, poi, diversi casi particolari in cui l'AI riporta la data sulla tabella, ma questa presenta giorno, e talvolta addirittura mese, espressi con due zeri: questo indica che non è precisamente conosciuta la data dell'evento, ma che l'intelligenza artificiale è comunque in grado di fornire le indicazioni richieste, pur essendo queste poco specifiche, poiché riportate in maniera standard sulle schede.

Nella maggioranza delle schede, nonostante il campo sia intitolato "Data e ora", l'orario non è riportato, oppure è presente la formula "n.d." per indicare che il dato è sconosciuto.

Per la colonna "Dimensione":

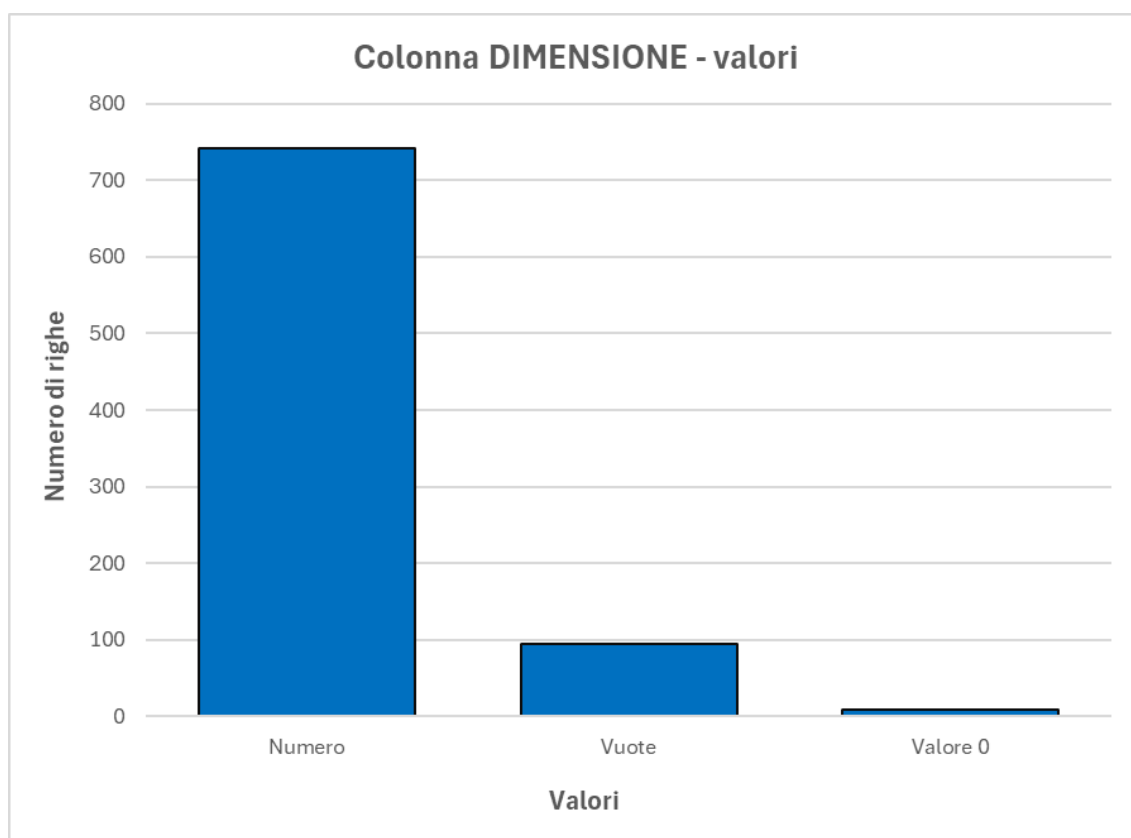


Figura 20: Distribuzione delle frequenze dei valori nella colonna "Dimensione", in cui è indicato il numero di eventi che contengono o meno un dato

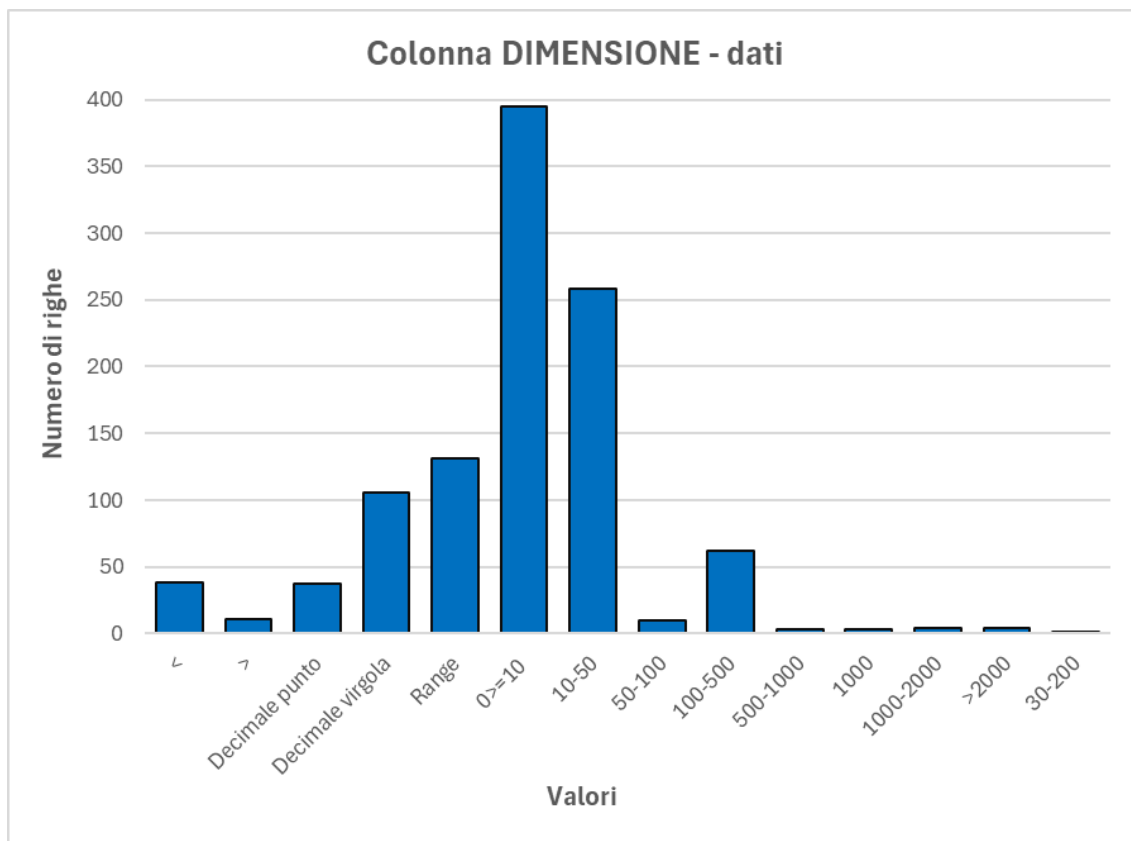


Figura 21: Distribuzione delle frequenze dei valori nella colonna "Dimensione", in cui sono indicati i differenti dati presenti all'interno delle schede EDF

Come visibile dalle Figure 20 e 21, la colonna dimensione risulta difficoltosa da analizzare a causa della moltitudine di dati, espressi in maniera differente:

- 742 righe risultano avere un dato, con valore diverso da zero
- 94 risultano vuote
- 9 hanno un valore pari a zero
- 30 hanno un valore preceduto dal simbolo '<'
- 11 hanno un valore preceduto dal simbolo '>'
- 37 hanno valori decimali espressi con il punto
- 106 hanno valori decimali espressi con la virgola
- 131 sono espressi tramite un range numerico

Anche a livello numerico, poi, si hanno dei valori e dei range molto differenti tra loro, che sono stati raggruppati come visibile in Figura 21, e che, al momento della

compilazione delle schede, sono stati misurati, anche in questo caso, con criteri diversi. Osservando le singole schede, emerge che il dato può riferirsi:

- Alla media della grandezza dei blocchi crollati
- Alla dimensione del blocco più grande
- Al valore complessivo della frana
- Talvolta sono presenti nelle schede sia il valore complessivo della frana che la grandezza dei singoli blocchi, ma non è specificato nella tabella di dati a quale valore si sia riferita l'intelligenza artificiale

In generale, queste informazioni sono reperibili solamente effettuando un controllo manuale su ogni scheda, ma l'obiettivo di questa tesi è l'evitare un'elaborazione svolta dall'essere umano, molto dispendiosa in termini di tempo.

Per la colonna “UM”, ossia unità di misura:

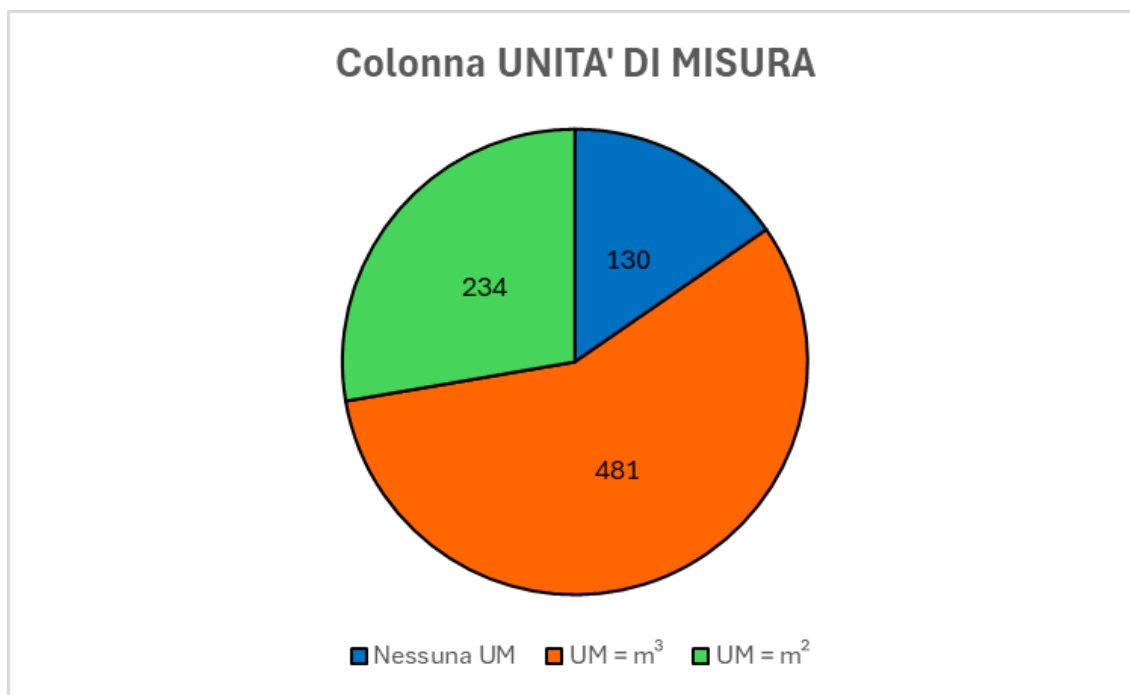


Figura 22: Distribuzione delle frequenze dei valori nella colonna “Unità di misura”

Anche l'unità di misura non risulta univoca (Figura 22): sono infatti presenti 130 casi in cui non è presente nessuna indicazione all'interno della tabella, 234 in cui l'unità di

misura è espressa in m² e 481 casi in cui è espressa in m³. In realtà, le AI hanno uniformato le unità di misura, che nelle schede appaiono come segue:

- Tramite parole: metri quadri/quadri, metri cubi
- Tramite espressioni matematiche: m³, m3, m³, m², m2, m²
- Tramite abbreviazioni: mc, mq

Per la colonna “Comune”:

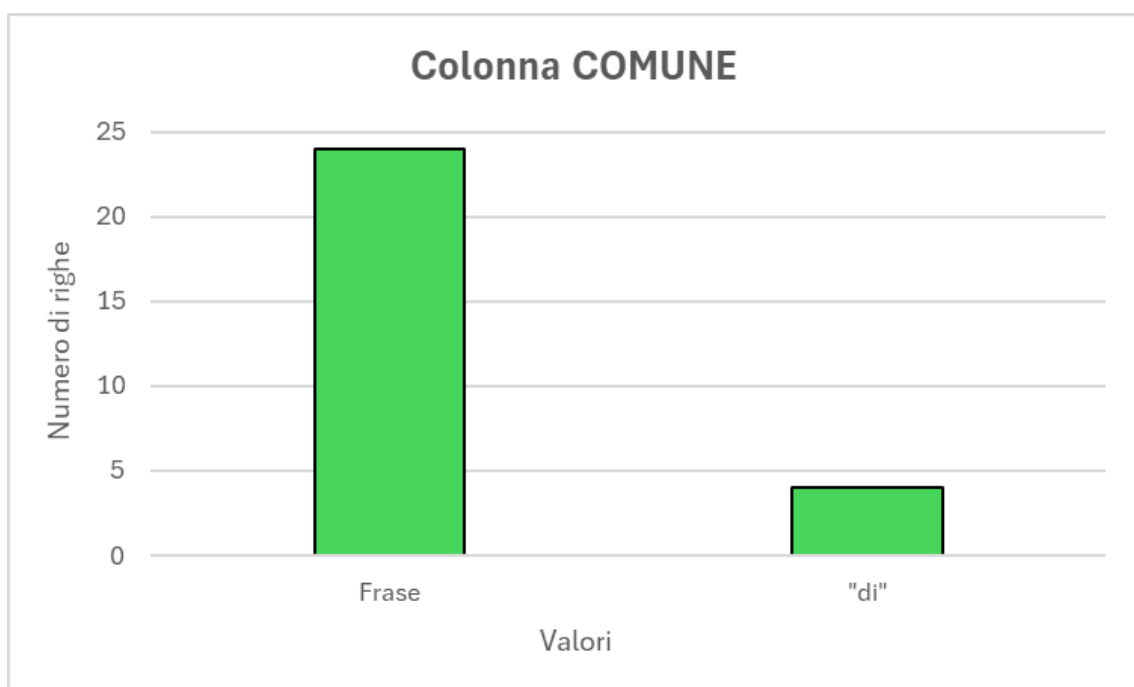


Figura 23: Distribuzione delle frequenze dei valori nella colonna “Comune”

Nel grafico in Figura 23 non sono stati inclusi gli 817 casi in cui il Comune viene riportato correttamente, ossia in stampatello maiuscolo, nella tabella. Gli altri 24 casi sono così distribuiti:

- In 24 eventi, viene riportato il nome del Comune all’interno di una frase descrittiva presente nel testo della scheda, e questo impedisce un’elaborazione fluida per il calcolo dell’occorrenza dei fenomeni
- In 4 righe, il Comune viene sostituito dall’espressione “di”

Attraverso un controllo con l'interfaccia di programmazione R, si evince che in realtà 844 schede EDF presentano il nome del Comune nell'omonimo campo, univocamente scritto in maiuscolo. Soltanto una scheda, perciò, non contiene questa indicazione.

Inoltre, utilizzando l'interfaccia di programmazione R, si osserva che i dati numerici forniti dagli LLM riguardanti i nomi dei Comuni risultano discordanti tra Gemini e ChatGPT poiché lo stesso Comune appare con nomi differenti. Di seguito, alcuni esempi di problematiche riscontrate:

- Nomi scorretti con lettere errate, come 'Arnaz' invece di 'Arnad' e 'Allein' invece di 'Allain'
- Assenza di alcuni accenti, come 'Etroubles' invece di 'Étroubles'
- Assenza di alcune lettere, come 'Verryes' invece di 'Verrayes'
- Discordanza di valori tra i due LLM nonostante il nome del Comune sia indicato con la stessa scrittura, forse a causa di una presenza di spaziature poste alla fine del nome

Per la colonna "Località":

Nonostante questa risulti totalmente assente solamente in 2 eventi su 845, la località non risulta univoca in quanto espressa con i seguenti criteri:

- Nome della località
- Indicazioni specifiche (es. S.R. 18 Km 11+800) espresse però in modo differente (con o senza virgole, spazi, "n." per indicare il numero della strada, maiuscole e minuscole, frasi più discorsive o indicazioni dirette delle strade)
- Indicazioni sommarie non facilmente localizzabili se non in presenza sul luogo (es. bivio, strada comunale/poderale per/di..., sopra/sotto a..., impluvio, cava, presso a..., a destra di..., prima di..., nelle adiacenze di..., a monte di...)

Data la moltitudine di descrizioni, non è facilmente comprensibile il punto esatto in cui è avvenuto un determinato evento, nemmeno tramite un lavoro manuale svolto dall'essere umano.

Tra le varie difficoltà con i dati stessi, emergono anche problematiche per quanto riguarda i prompt creati, che devono essere chiari e semplici da comprendere per gli LLM, a maggior ragione poiché non si è in possesso di dati forniti in maniera standard, e perciò l'AI fatica a recuperare precisamente i dati di tutte le schede. Bisogna considerare, inoltre, che le intelligenze artificiali sono un sistema che è in continua evoluzione e perciò uno stesso prompt sottoposto più volte alla stessa AI potrebbe non dare, come risultato, lo stesso output.

Si è evidenziato che le forme gratuite degli LLM presentano limitazioni nella forma gratuita, che possono causare il loro blocco oppure un output ridotto. Durante il loro pieno utilizzo, talvolta eseguono compiti non richiesti “prendendo iniziativa” come se fossero effettivamente parzialmente umane, e, seguendo la stessa metafora, commettono errori, a tratti anche gravi, come inventare codici identificativi di schede inesistenti oppure non ordinare in maniera corretta i dati. Le AI, infine, risultano riscontrare problematiche nella lettura dei dati laddove siano presenti caratteri nascosti.

Tra le schede, invece, esistono alcuni casi per cui sono presenti due report per lo stesso evento, compilati separatamente dai due differenti enti. L'avvenimento, perciò, rischia di essere contato due volte a meno di correzioni da parte dell'uomo.

Una volta presa coscienza di tutte le problematiche riscontrate fino a questo punto, facendo qualche rapido controllo tramite il linguaggio di programmazione R, si è appreso il modo in cui sia possibile estrarre tutte le date degli eventi dalla sezione “Codice fenomeno”, in cui è contenuta, come visibile al paragrafo riguardante la descrizione delle schede EDF, operazione potrà essere svolta in futuro in caso di necessità.

CONCLUSIONI

L'obiettivo centrale di questo lavoro di tesi è stato la creazione di un database standardizzato che permettesse di unire le informazioni del Catasto Dissesti, rendendole più facilmente fruibili per le analisi di frequenza. Lo studio si è focalizzato, nello specifico, sull'analisi di 854 schede EDF di eventi di crolli in roccia e caduta massi avvenuti del periodo gennaio 2011 – dicembre 2023: questo volume di dati avrebbe richiesto un totale di quasi 29 ore di elaborazione manuale. Per ottimizzare le tempistiche in vista di analisi future, si è scelto di testare le potenzialità degli LLM con il fine di rendere più rapida la generazione di un database contenente le informazioni degli eventi franosi suddivise per categorie.

Le analisi hanno evidenziato come la compilazione soggettiva delle schede EDF, effettuata dagli operatori degli enti regionali aventi background ed esperienze differenti, influenzi direttamente le performance degli LLM: l'eterogeneità nei dati di input ha reso maggiormente complessa la generazione di un output immediatamente corretto, standardizzato e privo di errori all'interno singole categorie.

Oltre alle criticità legate alla difformità della documentazione, sono emerse limitazioni intrinseche alle intelligenze artificiali stesse, che in alcuni casi hanno generato allucinazioni o riportato dati in modo impreciso. L'accuratezza delle informazioni riportate è spesso collegabile alla mancanza di univocità dei dati di partenza, che frequentemente contengono unità di misura riportate in maniera differente ed espressioni poco chiare per descrivere la località in cui si è verificato un dato evento.

Le analisi, quindi, hanno confermato quanto la fase di formulazione dei prompt sia un elemento importante: riportando indicazioni precise e mirate si sono ottenuti output più accurati e coerenti, sebbene solamente in pochi casi senza errori.

Per le analisi future, al fine di migliorare la risposta degli LLM, potrebbe risultare importante indicare all'interno del prompt l'origine francese dei nomi dei Comuni valdostani, in modo da correggere gli errori di grafia che sono stati riscontrati durante l'elaborazione.

In prospettiva futura, la ricerca può essere ulteriormente estesa su due fronti: da un lato, l'analisi della documentazione più antica permetterebbe di ricavare dati preziosi per la stima dei tempi di ritorno e dei volumi massimi mai registrati e, dall'altro, lo studio degli eventi più recenti permetterebbe la formulazione di sistemi di allerta precoce sempre più efficaci per tutelare la popolazione.

In generale, questo lavoro ha evidenziato le reali potenzialità di questi strumenti emergenti e la possibilità del loro impiego al fine di svolgere analisi di frequenza, in modo da poter studiare il rischio presente nelle varie aree della regione, permettendo, così, una migliore gestione del rischio e protezione dei cittadini.

BIBLIOGRAFIA

- Achilli A (2025) LLAMA: cos'è e come usare l'AI di Meta. In: IT Impresa. <https://www.it-impresa.it/blog/llama/>. Accessed 17 June 2026
- Aloshdenny (2024) The Complete Dummies' Guide to LLMs. In: Medium. <https://medium.com/@aloshdenny/the-complete-dummies-guide-to-llms-cc4c6b906ae0>. Accessed 14 Apr 2026
- Asteriou P, Zekkos D, Manousakis J (2025) Fully remote assessment of rockfall incidents based on crowdsourced imagery. Bull Eng Geol Environ 84:204. <https://doi.org/10.1007/s10064-025-04218-x>
- Bengio Y, Courville A, Vincent P (2013) Representation Learning: A Review and New Perspectives. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence 35:1798–1828. <https://doi.org/10.1109/TPAMI.2013.50>
- Brown T, Mann B, Ryder N, et al (2020) Language Models are Few-Shot Learners. Advances in Neural Information Processing Systems 33:1877–1901
- Centro Funzionale Regione Autonoma Valle d'Aosta Fattori di influenza climatica in Valle d'Aosta. In: Centro Funzionale Regione Autonoma Valle d'Aosta. <http://cf.regione.vda.it/it/inquadramento-climatico>. Accessed 17 June 2026
- Cignetti M, Godone D, Bertolo D, et al (2021) Rockfall susceptibility along the regional road network of Aosta Valley Region (northwestern Italy). Journal of Maps 17:54–64. <https://doi.org/10.1080/17445647.2020.1850534>
- Cignetti M, Godone D, Cardone D, et al (2024) A-posteriori analysis of the performance of a rockfall susceptibility map. Geoenviron Disasters 11:36. <https://doi.org/10.1186/s40677-024-00300-w>
- Cormack GV, Clarke CLA, Buettcher S (2009) Reciprocal rank fusion outperforms condorcet and individual rank learning methods. In: Proceedings of the 32nd international ACM SIGIR conference on Research and development in information retrieval. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, pp 758–759

- Davies P (2024) Open source AI is getting an official definition. Here's why. In: euronews. <https://www.euronews.com/next/2024/03/28/sorry-elon-grok-is-not-open-source-ai-heres-why-according-to-the-creator-of-the-definition>. Accessed 17 June 2026
- Devlin J, Chang M-W, Lee K, Toutanova K (2019) BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding. In: Burstein J, Doran C, Solorio T (eds) Proceedings of the 2019 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies, Volume 1 (Long and Short Papers). Association for Computational Linguistics, Minneapolis, Minnesota, pp 4171–4186
- F2innovation, Colantuoni L (2025) Meta Llama 4: prestazioni e limitazioni. In: Punto Informatico. <https://www.punto-informatico.it/meta-llama-4-prestazioni-limitazioni/>. Accessed 17 June 2026
- Fierro G (2025) SWE-bench: cos'è, come misura l'AI in ingegneria informatica. In: AI4Business. <https://www.ai4business.it/intelligenza-artificiale/swe-bench-cose-la-piattaforma-che-mette-lai-alla-prova-in-ingegneria-informatica/>. Accessed 17 June 2026
- Frosini MTZ montaggio Ilaria Vittoria (2023) La Valle d'Aosta è la regione con il minor consumo del suolo
- Gianotti F, Forno MG (2017) Il Quaternario della Conca di Aosta nell'ambito del modellamento glaciale del bacino della Dora Baltea
- Giardino M, Ratto S (2005) Analisi del dissesto da frana in Valle d'Aosta
- Gruber M, Kircher C, Windegger F, Isetti G (2025) Winter Drought as a Simple Weather Anomaly? A Multimodal Analysis of Local Media Framing. Environmental Communication 0:1–17. <https://doi.org/10.1080/17524032.2025.2580397>
- Ibrahim S (2026) Un modello svizzero di IA “ascolta” la montagna per rilevare le valanghe. In: SWI swissinfo.ch. <https://www.swissinfo.ch/ita/ia-svizzera/un-modello-svizzero-di-ia-ascolta-la-montagna-per-rilevare-le-valanghe/90964464>. Accessed 16 June 2026
- Il Post (2026) Per le intelligenze artificiali i PDF sono un problema. In: Il Post. <https://www.ilpost.it/2026/03/10/pdf-problema-ai/>. Accessed 17 June 2026

- ISPRA (2024) IdroGEO: con “Segnala la frana” un’accelerata alle informazioni sul rischio dissesto. In: ISPRA Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale. <https://www.isprambiente.gov.it/it/istituto-informa/comunicati-stampa/anno-2024/idrogeo-con-segnala-la-frana-un-accelerata-alle-informazioni-sul-rischio-dissesto>. Accessed 30 June 2026
- ISTAT (2013) LA SUPERFICIE DEI COMUNI, DELLE PROVINCE E DELLE REGIONI ITALIANE. ISTAT
- Lee S, Ryu J-H, Lee M-J, Won J-S (2006) The Application of Artificial Neural Networks to Landslide Susceptibility Mapping at Janghung, Korea. ResearchGate. <https://doi.org/10.1007/s11004-005-9012-x>
- Lewis P, Perez E, Piktus A, et al (2020) Retrieval-Augmented Generation for Knowledge-Intensive NLP Tasks. In: Advances in Neural Information Processing Systems. Curran Associates, Inc., pp 9459–9474
- Mahmoud Bsharat S, Myrzakhan A, Shen Z (2023) Principled Instructions Are All You Need for Questioning LLaMA-1/2, GPT-3.5/4
- Microsoft Hybrid Search Overview - Azure AI Search. <https://learn.microsoft.com/en-us/azure/search/hybrid-search-overview>. Accessed 14 Apr 2026
- Mohammadi M, Mutatiina J, Saifollahi T, Bunte K (2022) Detection of extragalactic Ultra-compact dwarfs and Globular Clusters using Explainable AI techniques. Astronomy and Computing 39:100555. <https://doi.org/10.1016/j.ascom.2022.100555>
- Nguyen KA, Jiang Y-J, Huang C-S, et al (2024) Leveraging Internet News-Based Data for Rockfall Hazard Susceptibility Assessment on Highways. Future Internet 16:299. <https://doi.org/10.3390/fi16080299>
- Penck A, Brückner E (1909) Die alpen im Eiszeitalter. CH Tauchnitz
- Regione Autonoma Valle d’Aosta Catasto Dissesti della Regione Autonoma Valle d’Aosta. <https://catastodissesti.partout.it/informazioni>. Accessed 14 Apr 2026a
- Regione Autonoma Valle d’Aosta Regione Autonoma Valle d’Aosta - GeoNavITG SCT v1.0 - Navigatore Integrabile. <https://pta.regione.vda.it/wp-content/uploads/sites/GeoPianoH2Or2.htm?tipo=sup>. Accessed 14 Apr 2026b

Researchers from UC Berkeley Arena Leaderboard | Compare & Benchmark the Best Frontier AI Models. In: Arena Leaderboard | Compare & Benchmark the Best Frontier AI Models. <https://arena.ai/leaderboard>. Accessed 15 Apr 2026

Robertson S, Zaragoza H (2009) The Probabilistic Relevance Framework: BM25 and Beyond. Now Publishers Inc

Rocco R (2025) Nuove linee per la gestione del rischio idrogeologico in Valle d'Aosta. Dal rischio residuo al rischio accettabile: nuove prospettive nella gestione del rischio da frana

Sapronova A, Marcher T (2025) Advancing a Unified Data Repository for Decision-Making in Tunnel Construction: Automated Knowledge Extraction from Archived Documents.

Sisto M, Fidani C (2026) Previously Unknown Historical Evidence from Parish Registers of Irpinia Earthquakes (Southern Italy) During the Modern Age. *GeoHazards* 7:53. <https://doi.org/10.3390/geohazards7020053>

Swiss AI Initiative (2026) APERTVS.ai. <https://apertvs.ai/>. Accessed 17 June 2026

Toth GM, Albrecht R, Pruski C (2025) Explainable AI, LLM, and digitized archival cultural heritage: a case study of the Grand Ducal Archive of the Medici. *AI & Soc* 40:4561–4573. <https://doi.org/10.1007/s00146-025-02238-5>

Tremolada L (2026) Blog | Quando l'AI legge i giornali per prevedere le alluvioni. In: Info Data. <https://www.infodata.ilsole24ore.com/2026/03/23/ai-previsioni-alluvioni-articoli-giornale-google-flood-hub/>. Accessed 16 June 2026

Vurro M (2024) La differenza tra open weight e open source nei modelli di intelligenza artificiale. In: Massimiliano Vurro. <https://massimilianovurro.com/la-differenza-tra-open-weight-e-open-source-dei-modelli-di-intelligenza-artificiale/>. Accessed 17 June 2026

Wikipedia (2025) Elaborazione del linguaggio naturale. Wikipedia



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA TERRA, DELL'AMBIENTE E DELLA VITA

Allegato
della tesi di laurea magistrale in Scienze Geologiche

dal titolo

Analisi e valorizzazione di documentazione scientifica
d'archivio per la valutazione del rischio geo-idrologico: il
contributo dei Large Language Model

In questo documento allegato alla tesi sono riportati in forma estesa tutti i prompt e le relative risposte dei LLM.

1° PROMPT

Il primo prompt si propone di effettuare una prima analisi sui Comuni, e specifica i possibili casi di dissesto presenti nelle schede in modo da poter bypassare le problematiche di concetto che le AI potrebbero presentare:

“A partire dai seguenti PDF, che descrivono frane avvenute in Valle d’Aosta, produci un file Excel che indichi tutti i nomi dei Comuni coinvolti, segnando per ciascun comune il numero di volte in cui sono avvenute frane, crolli e caduta massi.”

Allegati: 37076, 37060, 37071, 37072, 37074 (i numeri si riferiscono ai nomi dei file in formato .pdf).

Le risposte delle AI:

ChatGPT:

Pur non avendo ancora iniziato ad utilizzarlo, non permette di caricare nessun file per le successive 23h, presumibilmente a causa di un errore.

Per questo, non è stato possibile testare ChatGPT durante questa prima fase.

Claude:

Crea una tabella inserendo correttamente i valori nelle colonne e fornendo una breve analisi descrittiva. Risulta possibile scaricare l’output tramite un file .csv.

Gemini:

Fornisce una tabella con la possibilità di esportarla in Fogli ed una descrizione con riferimenti diretti ai nomi dei file. Oltre ad indicare il numero di eventi per Comune, inizia

anche un conteggio di termini ricorrenti come ‘frana’, ‘crollo’, ‘crollato’, indicando in quali schede appaiono o meno e aggiungendo termini ignorati per evitare ripetizioni all’interno dello stesso fenomeno.

Meta:

Non permette di caricare file né in formato .pdf né .docx. In alternativa, suggerisce l’utilizzo di codici come Python, volontariamente non utilizzati in quanto si vuole provare ad utilizzare un approccio più innovativo e che semplifichi l’analisi in futuro.

Si è, quindi, deciso di non utilizzare Meta come LLM utile all’analisi in questione.

2° PROMPT

Il secondo prompt inizia ad approfondire la ricerca, ed esplicita come reperire informazioni riguardo alla dimensione dei blocchi all'interno dei file:

“All'interno degli stessi PDF, trova il volume di roccia del versante interessato dal crollo, dal distacco o dalla frana. Potrebbe essere indicato con uno o più numeri, oppure una serie di parole che indicano una misura, tutti e tre i casi seguiti da “mc”, che indica i metri cubi. Trova anche i metri quadrati “mq” se indicati. Poi fai un file Excel in cui suddividi i differenti eventi franosi o crolli in base alla dimensione (espressa numericamente o a parole) ed in base alla tipologia di misura (“mc” o “mq”).”

Claude:

L'AI comprende la richiesta ed elabora una tabella (Figura 24) con l'aggiunta di colonne che non erano esplicitamente state richieste, come “Data” e “Località”. Aggiunge inoltre un commento testuale in cui vengono esplicitate numericamente le classi dimensionali che sono state create. Le dimensioni vengono suddivise in due colonne, una per il volume ed una per la superficie, e le caselle risultano vuote per le unità di misura che non sono menzionate all'interno delle schede.

ID	Comune	Data	Località	Volume (mc)	Superficie (mq)	Classe Dimensionale
37060	MONTJOVET	25/07/2023	Montquert SS26 Km. 67+150	0,1-0,2	-	Molto piccolo (< 1 mc)
37074	ROISAN	28/08/2023	Clostellinaz	0,3	-	Molto piccolo (< 1 mc)
37072	ISSIME	28/08/2023	Strada comunale per San Grato	2-3	-	Piccolo (1-5 mc)
37071	LILLIANES	29/08/2023	Les Sales	5-10	-	Medio (5-10 mc)
37076	LA MAGDELEINE	19/08/2023	Dzirolaz_Bois de L'Ila	< 10	< 25	Grande (> 10 mc)

Figura 24: Output generato da Claude in risposta al secondo prompt

Gemini:

Rispetto a Claude, produce una tabella meno precisa e che contiene diversi refusi: nella maggioranza dei casi, i dati non sono nella colonna corretta, e inoltre viene creata una colonna aggiuntiva in cui vengono riportate alcune frasi che indicano il meccanismo del fenomeno avvenuto.

Continuando la ‘conversazione’ con l’AI:

“Il file non risulta completamente corretto in quanto non sono indicate unità di misura nell'apposita colonna (tranne in un caso), ma queste si trovano nella colonna "Dimensione/Intervallo Trovato". L'ultima colonna (Colonna 1) non presenta un titolo descrittivo di ciò che contiene.”

Nonostante ciò, la nuova tabella prodotta da Gemini risulta identica alla precedente.

“Non ci sono state modifiche alla tabella precedente.”

	A	B	C	D
	Tabella_1 ▾			
1	Colonna A ▾	Colonna B ▾	Colonna C ▾	Colonna D ▾
2	Nome_File_PDF	Comune	Tipo_Misura ▾	Valore_Testo
3	37071.pdf	LILLIANES	mc ▾	almeno 5-10
4	37071.pdf	LILLIANES	mc ▾	almeno 5-10
5	37060.pdf	MONTJOVET	mc ▾	0,1-0,2
6	37060.pdf	MONTJOVET	mc ▾	circa 0,1-0,2
7	37076.pdf	LA MAGDELEINE	mc ▾	circa 0,05-0,1
8	37076.pdf	LA MAGDELEINE	mq ▾	inferiori a 25
9	37076.pdf	LA MAGDELEINE	mc ▾	inferiore a 10
10	37072.pdf	ISSIME	mc ▾	circa 2-3
11	37072.pdf	ISSIME	mc ▾	comprese tra 2-3
12	37074.pdf	ROISAN	mc ▾	circa 0,3

Figura 25: Output generato da Gemini in risposta al secondo prompt

Gemini, infine, produce una tabella più coerente ed ordinata delle precedenti (Figura 25), con all’interno le seguenti colonne:

- Colonna A: nome del file .pdf
- Colonna B: Comune
- Colonna C: tipologia di misura
- Colonna D: testo contenente le grandezze

Questa tabella, in generale, risulta comunque meno completa rispetto alla tabella prodotta da Claude.

3° PROMPT

Nel terzo prompt, l'obiettivo è quello di comprendere se le intelligenze artificiali siano in grado di unire le varie informazioni in un unico output:

“Unisci le informazioni precedenti in un unico documento, aggiungendo altri dettagli fondamentali per definire il luogo, la data e le dimensioni dell’evento.”

Claude:

Oltre ad una tabella (Figura 26), aggiunge anche alcuni riepiloghi statistici in cui descrive i range numerici utilizzati per la dimensione e indica il numero di eventi per ogni range, i periodi in cui si sono svolti gli eventi e il bacino principale, uguale per tutti, ossia la Dora Baltea.

ID	Data/Ora	Comune	Località	Volume (mc)	Sup. (mq)	Classe	Bacini
37060	25/07/2023 n.d.	MONTJOVET	Montquert SS26 Km. 67+150	0,1-0,2	-	Molto piccolo	P: Dora Baltea S: Dora Baltea
37071	29/08/2023 10:00	LILLIANES	Les Sales	5-10	-	Medio	P: Dora Baltea S: Bacino T. Lys L: Giassit
37072	28/08/2023 18:00	ISSIME	Strada comunale per San Grato	2-3	-	Piccolo	P: Dora Baltea S: Bacino T. Lys L: Walkchunbach
37074	28/08/2023 n.d.	ROISAN	Closellinaz	0,3	-	Molto piccolo	P: Dora Baltea S: Bacino T. Buthier
37076	19/08/2023 16:00	LA MAGDELEINE	Dzirolaz Bois de L'Ila	< 10	< 25	Grande	P: Dora Baltea S: Bacino T. Marmore

Figura 26: Output generato da Claude in risposta al terzo prompt

Gemini:

La tabella dell'output contiene colonne con le informazioni richieste, ma gli eventi vengono ripetuti più volte nelle righe in funzione di espressioni differenti, quali “caduta massi” e “crollo”, oppure di dimensioni differenti trovate nel testo (Figura 27).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Tabella_1								
1	Colonna A	Colonna B	Colonna C	Colonna D	Colonna E	Colonna F	Colonna G	Colonna H	Colonna I
2	Nome_File_PDF	Data_Evento	Comune	Località_Specifica	Nome_Fenomeno	Tipo_Dissesto	Dettaglio_Misura	Tipo_Misura	Valore_Testo
3	37074.pdf	28/08/2023	ROISAN	Clostellinaz	Caduta massi in loc. Clostellinaz (ROISAN) del 28/	Caduta massi	Volume blocco in rotolamento	mc	circa 0,3
4	37072.pdf	28/08/2023	ISSIME	Strada comunale per San Grato	Caduta massi in loc. Strada comunale per San Gr	Caduta massi	Volume lapideo distaccatosi	mc	circa 2-3
5	37072.pdf	28/08/2023	ISSIME	Strada comunale per San Grato	Caduta massi in loc. Strada comunale per San Gr	Caduta massi	Volume blocco crollato	mc	comprese tra 2-3
6	37071.pdf	29/08/2023	LILLIANES	Les Sales	Caduta massi in loc. Les Sales (LILLIANES) del 25	Caduta massi	Volume complessivo lapideo coinvolto	mc	almeno 5-10
7	37071.pdf	29/08/2023	LILLIANES	Les Sales	Caduta massi in loc. Les Sales (LILLIANES) del 25	Crollo	Volume stimato del crollo	mc	almeno 5-10
8	37076.pdf	19/08/2023	LA MAGDELEINE	Dzirolaz Bois de L'ila	Caduta massi in loc. Dzirolaz_Bois de L'ila (LA M	Caduta massi	Dimensione blocchi in rotolamento	mc	circa 0,05-0,1
9	37076.pdf	19/08/2023	LA MAGDELEINE	Dzirolaz Bois de L'ila	Caduta massi in loc. Dzirolaz_Bois de L'ila (LA M	Caduta massi	Dimensioni superficie fenomeno	mq	inferiori a 25
10	37076.pdf	19/08/2023	LA MAGDELEINE	Dzirolaz Bois de L'ila	Caduta massi in loc. Dzirolaz_Bois de L'ila (LA M	Caduta massi	Volume fenomeno	mc	inferiore a 10
11	37060.pdf	25/07/2023	MONTJOVET	Montquert SS26 Km. 67+150	Caduta massi in loc. Montquert SS26 Km. 67+15C	Caduta massi	Volume lapideo distaccato (stimato)	mc	0,1-0,2
12	37060.pdf	25/07/2023	MONTJOVET	Montquert SS26 Km. 67+150	Caduta massi in loc. Montquert SS26 Km. 67+15C	Caduta massi	Volume blocco roccioso che ha raggiunto la sede	mc	circa 0,1-0,2

Figura 27: Output generato da Gemini in risposta al terzo prompt

“Per rendere più leggibili i dati, crea dei range numerici dei valori di mc ed mq da inserire nel file.”

L’output contiene i range solamente esplicitati in maniera testuale, infatti la tabella non ricompare nella risposta.

“Vorrei che questi range fossero direttamente inseriti nella tabella creata precedentemente, sostituendo quindi la “Colonna I”.”

Questa volta si ottiene una tabella con dei range, ma questi vengono posti nella stessa colonna dell’unità di misura e presentano degli errori di forma (es. $3 < mc \leq 10$). Per modificare il file, viene inoltre richiesto di eliminare la Colonna E, contenente il “Nome fenomeno”.

“I range devono essere univoci per tutti i file PDF, in modo da avere una statistica di quanti eventi hanno dimensione piccola, media o grande. Inoltre, la “Colonna E” può essere rimossa.”

Gemini crea dei range dimensionali, elimina la Colonna E e rinomina la Colonna G in modo da indicare l’unità di misura (Figura 28).

	A	B	C	D	E	F	G
	Tabella_1						
1	Colonna A	Colonna B	Colonna C	Colonna D	Colonna E	Colonna F	Colonna G
2	Nome_File_PDF	Data_Evento	Comune	Località_Specifica	Tipo_Dissesto	Unità_Misura	Range_Dimensione
3	37074.pdf	28/08/2023	ROISAN	Clostellinaz	Caduta massi	mc	Piccolo
4	37072.pdf	28/08/2023	ISSIME	Strada comunale per San Grato	Caduta massi	mc	Medio
5	37072.pdf	28/08/2023	ISSIME	Strada comunale per San Grato	Caduta massi	mc	Medio
6	37071.pdf	29/08/2023	LILLIANES	Les Sales	Caduta massi	mc	Grande
7	37071.pdf	29/08/2023	LILLIANES	Les Sales	Crollo	mc	Grande
8	37076.pdf	19/08/2023	LA MAGDELEINE	Dzirolaz Bois de L'Ila	Caduta massi	mc	Piccolo
9	37076.pdf	19/08/2023	LA MAGDELEINE	Dzirolaz Bois de L'Ila	Caduta massi	mq	Contenuta
10	37076.pdf	19/08/2023	LA MAGDELEINE	Dzirolaz Bois de L'Ila	Caduta massi	mc	Grande
11	37060.pdf	25/07/2023	MONTJOVET	Montquert SS26 Km. 67+150	Caduta massi	mc	Piccolo
12	37060.pdf	25/07/2023	MONTJOVET	Montquert SS26 Km. 67+150	Caduta massi	mc	Piccolo

Figura 28: Output generato da Gemini in risposta ai prompt di affinamento

Non avendo esplicitato di avere bisogno anche di una legenda dei range dimensionali, Gemini li ha creati e posti nella corrispondente colonna della tabella senza aggiungere nessun valore. Perciò, continuando la conversazione, è stato richiesto di esplicitarli.

“Ho bisogno anche di una legenda oppure un’indicazione numerica dei range in modo da capire cosa si intenda con piccolo, medio e grande.”

L’AI esplicita la legenda con i seguenti valori:

- Piccolo: ≤ 0.3 mc
- Medio: $0.3 < mc \leq 3$ mc
- Grande: $3 < mc \leq 10$ mc
- Contenuta: ≤ 25 mq

Come visibile, i valori presentano degli errori.

“Aggiungi la legenda dei range nella tabella Excel.”

Il risultato era uno snippet di codice, senza nessuna possibilità di ottenere l’output in forma tabellare.

“Vorrei le informazioni su Excel, senza il codice. Eventualmente si può inserire la legenda direttamente nella colonna dei range.”

In questo output la colonna dei range è stata sistemata come richiesto, ma è stata rimossa la colonna che specificava la tipologia di dissesto.

“Mantieni anche la colonna “tipo di dissesto” presente nella penultima versione.”

	A	B	C	D	E	F
	Tabella_1					
1	Colonna A	Colonna B	Colonna C	Colonna D	Colonna E	Colonna F
2	Nome_File_PDF	Data_Evento	Comune	Località_Specifica	Tipo_Dissesto	Range_Dimensione
3	37074.pdf	28/08/2023	ROISAN	Closellinaz	Caduta massi	Piccolo (≤ 0.3 mc)
4	37072.pdf	28/08/2023	ISSIME	Strada comunale per San Grato	Caduta massi	Medio ($0.3 < mc \leq 3$ mc)
5	37072.pdf	28/08/2023	ISSIME	Strada comunale per San Grato	Caduta massi	Medio ($0.3 < mc \leq 3$ mc)
6	37071.pdf	29/08/2023	LILLIANES	Les Sales	Caduta massi	Grande ($3 < mc \leq 10$ mc)
7	37071.pdf	29/08/2023	LILLIANES	Les Sales	Crollo	Grande ($3 < mc \leq 10$ mc)
8	37076.pdf	19/08/2023	LA MAGDELEINE	Dzirolaz Bois de L'Illa	Caduta massi	Piccolo (≤ 0.3 mc)
9	37076.pdf	19/08/2023	LA MAGDELEINE	Dzirolaz Bois de L'Illa	Caduta massi	Contenuta (≤ 25 mq)
10	37076.pdf	19/08/2023	LA MAGDELEINE	Dzirolaz Bois de L'Illa	Caduta massi	Grande ($3 < mc \leq 10$ mc)
11	37060.pdf	25/07/2023	MONTJOVET	Montquert SS26 Km. 67+150	Caduta massi	Piccolo (≤ 0.3 mc)
12	37060.pdf	25/07/2023	MONTJOVET	Montquert SS26 Km. 67+150	Caduta massi	Piccolo (≤ 0.3 mc)

Figura 29: Output finale generato da Gemini in risposta ai prompt di affinamento

Gemini è riuscito a soddisfare le richieste (Figura 29). Rimangono, però, gli stessi eventi ripetuti su più righe. La problematica è stata ignorata con l'idea di sistemarla eventualmente in futuro tramite software di programmazione.

4° PROMPT

Dopo questa prima fase esplorativa, ci si è interrogati sulla capacità delle AI di riconoscere una frequenza negli eventi, perciò si è deciso di utilizzare cinque schede dissesti, stavolta, però, soltanto di due Comuni diversi. Le schede in formato .pdf erano quindi distribuite come segue:

- Comune di Valsavarenche: 37091, 37111, 37112
- Comune di Lillianes: 37071, 37102

“A partire dai seguenti PDF, che descrivono frane avvenute in Valle d’Aosta, produci un file Excel che indichi tutti i nomi dei comuni coinvolti, segnando per ciascun comune il numero di volte in cui sono avvenute frane, crolli e caduta massi. Fai lo stesso con le località specificando di che comune fanno parte. Nei dati dei PDF trova poi il volume di roccia del versante interessato dal crollo, dal distacco o dalla frana (considerando che questi tre eventi potrebbero essere nominati con plurale o singolare). Il volume potrebbe essere indicato con uno o più numeri, oppure una serie di parole che indicano una misura, tutti e tre i casi seguiti da “mc”, che indica i metri cubi. Trova anche i metri quadrati “mq” se indicati. Poi nel file Excel suddividi i differenti eventi franosi o crolli in base alla tipologia ed alla dimensione (espressa numericamente o a parole) ed in base alla tipologia di misura (“mc” o “mq”). Aggiungi altri dettagli fondamentali per definire il luogo, la data e le dimensioni dell’evento sotto forma di range numerico già inserito nel file Excel, nella colonna o tramite legenda. Infine aggiungi la frequenza con cui avvengono gli eventi in un dato comune e in una data località.”

Claude:

L’output comprende una parte più discorsiva in cui viene spiegata l’analisi, una parte in cui vengono sottolineati i dati tramite schemi e una terza in cui si ha una tabella con alcuni dei valori.

È stato, perciò, richiesto all’LLM di condensare i dati in un unico file.

“Non vorrei diversi file separati ma un file Excel unico con tutti i dati all'interno.”

L'output contiene un file Excel con sei differenti fogli in cui sono distribuite le informazioni.

“Vorrei avere un solo file Excel con tutti i dati sullo stesso foglio, organizzati ed ordinati.”

Claude genera un file con 17 colonne:

1. ID Fenomeno
2. Data Evento
3. Comune
4. N° Eventi Comune
5. Frequenza Comune
6. Località
7. N° Eventi Località
8. Tipologia
9. Volume Min (mc)
10. Volume Max (mc)
11. Volume Range
12. Unità Misura
13. Categoria Volume
14. Bacino Principale
15. Bacino Locale
16. Cause
17. Danni

È stata fatta una selezione dei dati fondamentali, chiedendo a Claude di scartarne alcuni per alleggerire la tabella (Figura 30).

“Rimuovi le colonne “Danni”, “Cause”, “Volume min” e “Volume max”.”

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	ID Fenomeno	Data Evento	Comune	N° Eventi Comune	Frequenza Comune	Località	N° Eventi Località	Tipologia	Volume Range	Unità Misura	Categoria Volume	Bacino Principale	Bacino Locale
2	37102	10/12/2021	LILLIANES	2	314 giorni/evento	Russy	1	Caduta massi	0.10	mc	Molto piccolo (< 1 mc)	Dora Baltea, T. Lys	-
3	37071	29/08/2023	LILLIANES	2	314 giorni/evento	Les Sales	1	Caduta massi	5.00-10.00	mc	Medio (5-15 mc)	Dora Baltea, T. Lys	Giassit
4	37091	18/09/2023	VALSAVARENCHÉ	3	19 giorni/evento	Payel	1	Caduta massi	0.15-0.20	mc	Molto piccolo (< 1 mc)	Dora Baltea, T. Savara	Torrente Arpasse
5	37111	11/11/2023	VALSAVARENCHÉ	3	19 giorni/evento	S.R. 23 Km 16+900	1	Caduta massi	0.50-0.70	mc	Molto piccolo (< 1 mc)	Dora Baltea, T. Savara	Torrente Pessin
6	37112	14/11/2023	VALSAVARENCHÉ	3	19 giorni/evento	S.R. n 23 Km 16+950	1	Caduta massi	0.20-0.30	mc	Molto piccolo (< 1 mc)	Dora Baltea, T. Savara	-

Figura 30: Output generato da Claude in risposta al quarto prompt

Il risultato è stato soddisfacente.

Gemini:

Nel primo output distribuisce le varie informazioni su file Excel differenti, perciò, è stato richiesto di unire le informazioni in un unico file.

È stato necessario effettuare diversi tentativi poiché gli output prodotti non subivano modifiche da parte dell'LLM nonostante le ripetute richieste, espresse in forma differente.

Infine, Gemini ha creato una tabella che conteneva tutte le informazioni, ma che non risultava facilmente leggibile.

“Questa tabella, pur essendo un solo file come richiesto in precedenza, non è per nulla chiara. Le varie informazioni sono troppo attaccate e non si distingue la differenza tra un'informazione e l'altra. Inserisci la legenda dei range dimensionali direttamente all'interno delle colonne suddividendo ad esempio in evento piccolo, medio, grande e aggiungendo lì direttamente i valori del range. Non si riesce a comprendere cosa siano le lettere della "Colonna L". Nella "Colonna K" è presente il titolo "Volume Range legenda" ma poi sotto ci sono solo "mc", quindi non è coerente. Non è necessario inserire la colonna "Danni registrati". Le colonne contenenti "volume minimo" e "volume massimo" sono shiftate rispetto ai dati.”

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	ID Fenomeno	Comune	Località	Data Evento	Sottocategoria	Descrizione/Tipo	Volume Minimo	Volume Massimo	Dimensione (Rai)	Eventi per Com.	Eventi per Locali	Frequenza Com	Frequenza Località (%)
2	37102	LILLIANES	Russy	10-12-2021	Caduta massi	Scivolamento a i 0.1	0.1		Piccolo (50.3)	2	1	40%	20%
3	37071	LILLIANES	Les Sales	29/08/2023	Caduta massi	Grande volume l	5	10	Grande (>5)	2	1	40%	20%
4	37091	VALSAVARENCI	Payel	18/09/2023	Caduta massi	Materiale lapidei	0.15	0.20	Piccolo (50.3)	3	1	60%	20%
5	37111	VALSAVARENCI S.R.	23 Km 16+I	11/11/2023	Caduta massi	Crollo di un unico 0.5	0.7		Medio (0.3-5)	3	1	60%	20%
6	37112	VALSAVARENCI S.R.	n 23 Km 16	14/11/2023	Caduta massi	Volume lapideo i 0.2	0.3		Piccolo (50.3)	3	1	60%	20%

Figura 31: Output generato da Gemini in risposta al quarto prompt

Si è ottenuta una tabella come da richieste (Figura 31).

Si nota che Gemini è in grado di effettuare un'analisi di frequenza correttamente, sia per Comune che per Località.

Il quarto prompt è stato, inoltre, sottoposto ad un nuovo LLM: Copilot. Il tentativo è rapidamente terminato a causa dell'impossibilità di leggere i dati in formato .pdf da parte dell'AI.

5° PROMPT

In questo tentativo si è provato ad aumentare il numero di schede utilizzate ed anche la lunghezza e la specificità del messaggio, in modo da poter osservare quante schede sia possibile caricare, ma anche quante informazioni le AI recepiscono e sono in grado di elaborare in contemporanea.

Da questo momento è stata introdotta una nuova AI – DeepSeek – di cui si è venuti a conoscenza tramite una lista aggiornata sulle migliori intelligenze artificiali (Researchers from UC Berkeley).

“A partire dai PDF allegati, che descrivono frane avvenute in Valle d’Aosta tra gennaio 2011 e dicembre 2023, produci un file Excel in cui riempire con le informazioni di tutti i PDF le seguenti colonne:

- *ID fenomeno*
- *Data evento*
- *Comune*
- *N° di eventi avvenuti in un dato comune*
- *Frequenza degli eventi per ogni comune*
- *Località*
- *N° di eventi avvenuti in una data località*
- *Frequenza degli eventi per ogni località*
- *Tipologia di frana (es. crollo, caduta massi)*
- *Range di volume o superficie dell’evento (es. scrivendo volume minimo-volume massimo). Vedi testo sotto l’elenco puntato nella sezione “Importante” per capire come riconoscere queste misure*
- *Unità di misura della colonna precedente (es. “mc” per i metri cubi ed “mq” per i metri quadri)*
- *Colonna in cui si dividono gli eventi in “piccolo, medio o grande” in base alle grandezze (volume o superficie) degli eventi. Scrivere anche qual è il range numerico inteso per ogni categoria.*
- *Bacino principale*
- *Bacino locale*

Ogni PDF deve essere rappresentato da una riga. Le colonne possono essere rinominate con nomi più corti e pratici, ma comunque facilmente comprensibili.

Importante: nei dati dei PDF il volume di roccia del versante interessato da crollo, distacco o frana può essere indicato con un solo numero, con più numeri oppure con una serie di parole che indicano una misura, e il tutto potrebbe essere seguito da “mc”, che indica i metri cubi (volume), o da “mq” che indica i metri quadrati (superficie).”

ChatGPT:

Nonostante l’AI espliciti la possibilità di caricare 10 documenti, i file .pdf elaborati risultano solamente 3, ed è necessario attendere 23 ore per poter riutilizzare la versione gratuita di ChatGPT.

In ogni caso, l’output conteneva 17 colonne, quindi un numero superiore a quelle richieste, poiché il range dimensionale era ripetuto in due colonne e, inoltre, le ultime due colonne esplicitavano la fonte e, nuovamente, il nome del .pdf, nonostante nel prompt non fossero presenti queste richieste.

Claude:

Per questa AI è stato possibile allegare 20 documenti, ma è risultato complesso ottenere un output facilmente accessibile: nonostante nell’interfaccia fosse presente il tasto apposito per scaricare i dati in file .csv, in realtà non risultava funzionante.

Supponendo fosse una problematica del motore di ricerca utilizzato, ne sono stati utilizzati anche altri per controllo, ma sempre senza ottenere risultati.

L’output di Claude risulta quindi una tabella, anche in questo caso distribuita come richiesto nel prompt, accessibile, però, solamente tramite una copia, incollando poi il tutto su Excel.

DeepSeek:

Provando ad allegare tutte le 854 schede .pdf, si è scoperto che DeepSeek può elaborare un massimo di 50 documenti, ognuno da massimo 100 MB, per effettuare un'estrazione di informazioni a partire da un testo.

Provando ad allegare 50 schede, però, l'AI ne recepisce solamente 20, e il risultato dell'elaborazione è un file .csv da cui è risultato necessario passare manualmente in formato Excel.

L'output risulta soddisfacente: DeepSeek risulta in grado di elaborare i dati come richiesto, perciò si ottengono 20 righe, una per ogni evento, e 14 colonne in cui i dati sono inseriti correttamente, anche se alcuni dati, specialmente per il volume ed il bacino locale, risultano assenti.

Gemini:

Gemini permette di caricare solamente 10 documenti per volta. Nonostante questo, anche in questo caso si ottiene un buon output, simile a quello di DeepSeek ma senza campi vuoti.

6° PROMPT

Si è provato ad unire 80 schede in un unico file .pdf per evitare la problematica numerica dei file allegati per le AI, ma anche per valutare se queste riescano ad elaborare set di dati più consistenti.

“A partire dal PDF allegato, che descrive frane avvenute in Valle d’Aosta tra gennaio 2011 e dicembre 2023, produci un file Excel. L’Excel dovrà avere un numero di colonne identico all’elenco puntato sottostante, che abbiano come contenuto ciò che c’è scritto nell’elenco puntato, ma che siano nominate in modo da avere nomi più corti e pratici, ma comunque facilmente comprensibili.

All’interno del PDF si può distinguere un evento da un altro poiché ogni evento presenta un “Codice fenomeno” ed un “ID fenomeno” dopo il quale sono descritte tutte le caratteristiche dell’evento. Quando si trovano i successivi “Codice fenomeno” ed “ID fenomeno” allora le informazioni seguenti sono appartenenti all’evento successivo. Ogni evento deve essere rappresentato da una riga contenente tutte le informazioni richieste nell’elenco puntato.

Struttura delle colonne nel file Excel:

- *ID fenomeno*
- *Data evento*
- *Comune*
- *N° di eventi avvenuti in un dato comune*
- *Frequenza degli eventi per ogni comune*
- *Località*
- *N° di eventi avvenuti in una data località*
- *Frequenza degli eventi per ogni località*
- *Tipologia di frana (es. crollo, caduta massi)*
- *Range di volume o superficie dell’evento (es. scrivendo volume minimo-volume massimo). Vedi testo sotto l’elenco puntato nella sezione “Importante” per capire come riconoscere queste misure*
- *Unità di misura della colonna precedente (es. “mc” per i metri cubi ed “mq” per i metri quadri)*

- *Colonna in cui si dividono gli eventi in “piccolo, medio o grande” in base alle grandezze (volume o superficie) degli eventi. Scrivere anche qual è il range numerico inteso per ogni categoria.*
- *Bacino principale*
- *Bacino locale*

Importante: nei dati dei PDF il volume di roccia del versante interessato da crollo, distacco o frana può essere indicato con un solo numero, con più numeri oppure con una serie di parole che indicano una misura, e il tutto potrebbe essere seguito da “mc”, che indica i metri cubi (volume), o da “mq” che indica i metri quadrati (superficie).”

ChatGPT:

Non si ottiene un’elaborazione, ma un invito ad utilizzare Python

Gemini:

L’output non risulta da subito ottimale: inizialmente, l’AI produce solamente 20 righe, successivamente 130 e 97. Chiedendo esplicitamente perché venissero elaborati più eventi rispetto a quelli realmente presenti, perché vengono inclusi vecchi record nel file elaborato.

Nonostante si stato esplicitato meglio di considerare solamente gli 80 eventi del file, l’AI inserisce 147 righe nell’output.

Sono stati effettuati ancora alcuni tentativi, e successivamente è stato direttamente richiesto a Gemini di creare un prompt che fosse efficace per il raggiungimento del risultato richiesto.

7° PROMPT (Gemini)

“I dati relativi alle frane sono contenuti nel PDF 'Unito prova_4 (80)'. Riconoscendo che il file è strutturato in 80 sezioni distinte, ognuna delle quali inizia con la coppia 'Codice fenomeno' e 'Id. fenomeno' (es. Id. fenomeno 19654), si prega di trattare ogni occorrenza di un nuovo 'Id. fenomeno' come l'inizio di un nuovo e unico evento.

- 1. Dividi l'intero testo del documento in 80 blocchi di dati, uno per ogni evento, utilizzando l'occorrenza di 'Id. fenomeno' come separatore.*
- 2. Per ogni blocco (evento), estrai i 14 campi richiesti di seguito, ignorando qualsiasi ripetizione di intestazioni, piè di pagina o elementi di formattazione.*
- 3. Garantisci che l'output finale sia composto da 80 righe di dati (più l'intestazione) e non di più.*

Struttura delle colonne nel file Excel (nomi brevi e pratici):

- 1. ID_Fenomeno (ID fenomeno)*
- 2. Data_Evento (Data evento)*
- 3. Comune (Comune)*
- 4. N_Eventi_Comune (N° di eventi avvenuti in un dato comune)*
- 5. Freq_Comune (Frequenza degli eventi per ogni comune)*
- 6. Localita (Località)*
- 7. N_Eventi_Localita (N° di eventi avvenuti in una data località)*
- 8. Freq_Localita (Frequenza degli eventi per ogni località)*
- 9. Tipo_Frana (Tipologia di frana)*
- 10. Dimensione_Range (Range di volume o superficie dell'evento)*
- 11. UM (Unità di misura della colonna precedente)*
- 12. Categoria_Grandezza (Colonna in cui si dividono gli eventi in “piccolo, medio o grande” - definendo il range numerico come da tua istruzione precedente).*

13. Bacino_Principale (Bacino principale)

14. Bacino_Locale (Bacino locale)

L'output finale deve contenere un totale di 81 righe (1 intestazione + 80 eventi)."

Nonostante la creazione del prompt, e la successiva auto-risposta, l'AI elabora un file di 176 righe.

DeepSeek:

Utilizzando il prompt n°6, DeepSeek crea un output da 63 righe, perciò si prova ad utilizzare il prompt n°7 generato da Gemini.

Il primo output risulta di 78 righe, ma al secondo tentativo si ottengono 80 righe ed una di intestazione, con 14 colonne compilate come da richiesta.

8° PROMPT

A partire dalle analisi precedentemente svolte, si è pensato di indagare anche la capacità dell'intelligenza artificiale di analizzare un file e di contare, all'interno di questo, la ricorrenza di alcune determinate parole o espressioni al fine di ottenere, in futuro, dati riguardo ai danni provocati dai dissesti valdostani ed alle problematiche arrecate a strade e sistemi protettivi.

In precedenza, è stata effettuata una ricerca riguardo a quali parole si ripetessero più frequentemente (Cignetti et al. 2024) in cui le espressioni sono state suddivise nei seguenti ambiti:

- Danni:
 - Elementi danneggiati
 - Grado di danno
 - Danni rilevati e danni non rilevati
- Misure di protezione:
 - Barriere
 - Elementi naturali
- Sistema stradale:
 - Tipologia di sentiero
 - Tipologia di strada secondaria

Per testare le AI, è stato utilizzato il set di parole 'PROTECTIVE MEASURES_barriers', in cui sono comprese:

- reti metalliche
- gabbionate
- opere di difesa
- rilevato paramassi
- barriere paramassi
- reti di contenimento
- rilevato
- opera di contenimento

- galleria paramassi
- barriera rigida
- vallo
- ret
- reti addossate

Si osserva che, nell'elenco, è presente 'ret': la scelta di questa strategia è dovuta al fatto che talvolta è possibile che la parola 'rete' sia presente anche al plurale, perciò per evitare che venga tralasciata per errore, si è pensato di utilizzare solamente la radice. D'altra parte, però, questa scelta potrebbe portare ad altre problematiche quali avere, nei dati, anche parole con significati totalmente differenti da quelli ricercati, ma conteggiati poiché con la stessa radice.

Per scongiurare quest'ultima problematica, si è provato ad utilizzare la parola 'rete' completa, aggiungendo però alcune specifiche nel prompt stesso.

*“Si considerano i dati storici relativi alle frane in Valle d’Aosta contenuti nel PDF ‘**Unito prova_4 (80)**’. All’interno dell’intero PDF, conta quante volte compaiono le seguenti parole:*

- *reti metalliche*
- *gabbionate*
- *opere di difesa*
- *rilevato paramassi*
- *barriere paramassi*
- *reti di contenimento*
- *galleria paramassi*
- *barriera rigida*
- *vallo*
- *rete*
- *rete addossata*

Tutte le parole sopra scritte possono essere trovate al singolare ed al plurale. Non devono essere contate parole con la stessa radice ma con un significato totalmente diverso (es. ‘reti’ si, ‘pareti’ no).”

Tutte e quattro le AI utilizzate (DeepSeek, Claude, Gemini, ChatGPT) stilano una lista con le parole associando dei valori, che risultano diversi per le varie intelligenze artificiali.

ChatGPT, nell'output, inserisce anche una piccola spiegazione sul metodo utilizzato per il conteggio, tramite il quale ci si accorge che per l'espressione 'rete/reti paramassi' le parole 'rete' o 'reti' venivano ulteriormente contate come parola singola, falsando, perciò, i dati.

L'output di Claude è l'unico ad associare ai valori anche il codice identificativo del fenomeno (Figura 32) e, di conseguenza, l'unico che si può sottoporre a controllo manuale. Durante il controllo, si è scoperto, però, che Claude ha commesso qualche errore nel conteggio delle parole ed inoltre ha inserito tra i codici identificativi un numero che non esiste tra le schede degli eventi (19867).

Dettaglio delle occorrenze trovate:

Barriera/barriera paramassi (6):

- Fenomeno 19654: "barriera paramassi" (2 volte)
- Fenomeno 19655: "barriera paramassi" (2 volte)
- Fenomeno 19726: "reti di protezione" + menzione opere
- Fenomeno 19664: opere di protezione in legno (barriera)

Galleria/gallerie paramassi (3):

- Fenomeno 19655: "galleria paramassi"
- Fenomeno 19708: "galleria paramassi"
- Fenomeno 19929: "galleria paramassi"

Rete/reti (5):

- Fenomeno 19726: "reti di protezione"
- Fenomeno 19867: "reti paramassi"
- Fenomeno 20779: "reti paramassi"
- Fenomeno 20815: "reti addossate"
- Fenomeno 20867: "reti paramassi"

Reti addossate (2):

- Fenomeno 20815: "reti addossate" (2 volte nello stesso fenomeno)

Figura 32: Output generato da Claude in risposta all'ottavo prompt

9° PROMPT

Riprendendo i prompt creati in precedenza, è stato ideato un nuovo prompt che potesse spiegare più chiaramente alle AI come cercare i dati, e che chiedesse di associare ai valori il fenomeno corrispondente.

*“Si considerano i dati storici relativi alle frane in Valle d’Aosta contenuti nel PDF '**Unito prova_4 (80)**'. Riconoscendo che il file è strutturato in **80** sezioni distinte, ognuna delle quali inizia con la coppia 'Codice fenomeno' e 'Id. fenomeno' (es. Id. fenomeno 19654), si prega di trattare ogni occorrenza di un nuovo 'Id. fenomeno' come l'inizio di un nuovo e unico evento.*

All'interno dell'intero PDF, conta quante volte compaiono le seguenti parole:

- reti metalliche
- gabbionate
- opere di difesa
- rilevato paramassi
- barriere paramassi
- reti di contenimento
- galleria paramassi
- barriera rigida
- vallo
- rete
- rete addossata

Tutte le parole sopra scritte possono essere trovate al singolare ed al plurale. Specificare quante parole di questa lista sono presenti in quale fenomeno. Non devono essere contate parole con la stessa radice ma con un significato totalmente diverso (es. ‘reti’ sì, ‘pareti’ no).”

ChatGPT:

Questa AI crea una tabella in cui sono distribuiti i fenomeni sulle righe e le parole da trovare nelle colonne, indicando un numero maggiore o uguale a 0 in base al numero di dati trovati.

Effettuando un controllo manuale nelle righe che presentavano almeno un valore uguale o superiore a 1 e in alcune righe a campione con valori tutti pari a 0, paragonando i dati ottenuti con le schede originali, è emerso che gli errori ammontano a 2, e che sono presenti un paio di imprecisioni.

Claude:

Dato che Claude aveva già svolto la richiesta nell'output precedente, teoricamente i dati ottenuti avrebbero dovuto essere uguali ai precedenti, ma in realtà in questo output compare un codice identificativo che non era stato menzionato precedentemente (19722), cinque codici che erano presenti nel primo non sono presenti nel secondo output e in generale si notano delle problematiche con le espressioni più complesse, come 'reti paramassi'.

DeepSeek:

I dati numerici ottenuti risultano differenti dai precedenti e inoltre, controllando manualmente le schede dei dissesti, si nota che l'AI conta come presenti diverse espressioni che in realtà risultano assenti nelle schede.

Gemini:

Rispetto all'output precedente, trova un numero di parole inferiore, distribuite solamente su tre fenomeni.

10° PROMPT

Riflettendo sulle varie problematiche riscontrate finora, si è ipotizzato che il formato .pdf potrebbe essere poco leggibile per l'intelligenza artificiale e che invece un formato differente potrebbe risultare più accessibile.

Si è, perciò, effettuato un test utilizzando solamente cinque schede.

“Si considerano i dati storici relativi alle frane in Valle d’Aosta contenuti nei PDF 19654, 19655, 19658, 19659 e 19660. Riconoscendo che i file sono strutturati in più sezioni distinte, ognuna delle quali contiene un titolo sulla sinistra ed un riquadro sulla destra, a sua volta contenente testo, si prega di creare un file che non sia in PDF, con una tabella che abbia lo stesso testo, ponendo a sinistra il titolo e a destra il contenuto. Si prega di ignorare qualsiasi ripetizione di intestazioni, piè di pagina o elementi di formattazione.”

Quasi tutte le intelligenze artificiali creano tabelle da copiare ed incollare, tranne Gemini che crea un file da esportare in Fogli.

11° PROMPT

Si effettua un tentativo anche con il file unito in formato .pdf contenente 80 eventi.

*“Si considerano i dati storici relativi alle frane in Valle d’Aosta contenuti nel PDF ‘**Unito prova_4 (80)**’. Riconoscendo che il file è strutturato in **80** sezioni distinte, ognuna delle quali inizia con la coppia ‘Codice fenomeno’ e ‘Id. fenomeno’ (es. Id. fenomeno 19654), si prega di trattare ogni occorrenza di un nuovo ‘Id. fenomeno’ come l’inizio di un nuovo e unico evento.*

Ogni fenomeno contiene più sezioni distinte, ognuna delle quali contiene un titolo sulla sinistra ed un riquadro sulla destra, a sua volta contenente testo, si prega di creare un file che non sia in PDF, con una tabella che abbia lo stesso testo, ponendo a sinistra il titolo e a destra il contenuto. Si prega di ignorare qualsiasi ripetizione di intestazioni, piè di pagina o elementi di formattazione.”

Il risultato risulta praticamente invariato rispetto al precedente, tranne per il fatto che alcune AI si arrestano prima della fine dell’elaborazione, che è però possibile continuare su richiesta.

12° PROMPT

Le prove precedenti hanno condotto ad una riflessione: se, da un lato, non specificare un formato può permettere più libertà nella conversione del file, dall'altro ciò potrebbe comunque presentare delle problematiche di lettura ed elaborazione dei dati per l'AI, rischiando così di ottenere un numero di errori non trascurabile nel risultato.

Così si è deciso di convertire il file precedentemente unito contenente tutte le 854 schede da .pdf a .txt.

*“Si considerano i dati storici relativi alle frane in Valle d’Aosta contenuti nel PDF ‘Unito 854’. Riconoscendo che il file è strutturato in **854** sezioni distinte, ognuna delle quali inizia con la coppia ‘Codice fenomeno’ e ‘Id. fenomeno’ (es. Id. fenomeno 19654), si prega di trattare ogni occorrenza di un nuovo ‘Id. fenomeno’ come l’inizio di un nuovo e unico evento.*

Ogni fenomeno contiene più sezioni distinte, ognuna delle quali contiene un titolo sulla sinistra ed un riquadro sulla destra, a sua volta contenente testo. Si prega di creare un file di testo che riporti esattamente il testo del PDF, tenendo conto del fatto che sono presenti sia titoli che contenuti. Si prega di ignorare qualsiasi ripetizione di intestazioni, piè di pagina o elementi di formattazione.”

ChatGPT:

L’output elaborato contiene, come richiesto, un file di testo che a prima vista sembra rispettare il prompt.

Controllando il documento tramite l’utilizzo dell’interfaccia di programmazione R, si nota che in realtà nel file sono presenti solamente 845 eventi. ChatGPT, però, spiega che 9 eventi non risultano leggibili probabilmente a causa di caratteri nascosti presenti in “Codice fenomeno” o “Id. fenomeno”.

Poiché l’errore risulta poco superiore all’1%, si ritiene che il file di testo possa essere utilizzato per le successive analisi.

Claude:

Nonostante durante le precedenti prove non siano state riscontrate problematiche, Claude non risulta in grado di elaborare il file, che perciò viene sostituito con il documento .pdf contenente 80 schede.

Infine, viene eseguita una trascrizione dall'AI, come per le altre intelligenze artificiali. La trascrizione, però, viene bloccata a 22 eventi a causa del raggiungimento della lunghezza massima di un solo messaggio.

DeepSeek:

Nonostante sia stato caricato l'intero file, questo risulta terminare a pagina 122, dopo solamente 74 schede.

L'AI chiede ulteriori specifiche per elaborare l'output e dopodiché crea una stringa di testo da copiare ed incollare, contenente soltanto alcuni fenomeni.

Gemini:

Come DeepSeek, Gemini crea un testo da copiare ed incollare con solamente 14 fenomeni, poiché – spiega – il testo completo risulta troppo lungo per poter essere mostrato nella chat.

13° PROMPT

Avendo eliminato la difficoltà nella lettura del file .pdf da parte delle AI tramite la creazione di un file .txt che riportasse esattamente il testo delle schede, l'obiettivo è quello di ottenere una tabella con le informazioni ricercate. La richiesta dovrebbe risultare più semplice poiché il file di testo non contiene intestazioni ripetute, ma solamente i dati inseriti nella descrizione della scheda stessa, perciò si attende una qualità del dato migliore rispetto a quella ottenuta in precedenza.

*“Si considerano i dati storici relativi alle frane in Valle d’Aosta contenuti nel file 'ChatGPT.txt'. Riconoscendo che il file è strutturato in **845** sezioni distinte, ognuna delle quali inizia con la coppia 'Codice fenomeno' e 'Id. fenomeno' (es. Id. fenomeno 19654), si prega di trattare ogni occorrenza di un nuovo 'Id. fenomeno' come l'inizio di un nuovo e unico evento.*

- 1. Dividi l'intero testo del documento in **845** blocchi di dati, uno per ogni evento, utilizzando l'occorrenza di 'Id. fenomeno' come separatore.*
- 2. Per ogni blocco (evento), estrai i 7 campi richiesti di seguito, ignorando qualsiasi ripetizione di intestazioni, piè di pagina o elementi di formattazione.*
- 3. Garantisci che l'output finale sia una tabella composta da **845** righe di dati (più l'intestazione) e non di più o di meno.*

Struttura delle colonne della tabella (nomi brevi e pratici):

- 1. ID_Fenomeno (ID fenomeno)*
- 2. Codice fenomeno (Codice fenomeno)*
- 3. Data_Evento (Data evento)*
- 4. Comune (Comune)*
- 5. Localita (Località)*
- 6. Dimensione (Volume o superficie dell'evento, spesso espressi in “mc”, ossia metri cubi, o “mq”, ossia metri quadrati)*
- 7. UM (Unità di misura della colonna precedente)*

L'output finale deve contenere un totale di 846 righe (1 intestazione + 845 eventi)."

ChatGPT:

Questa AI crea un file in formato .csv, quindi convertibile in Excel, contenente 846 righe, ossia una per ogni evento ed una di intestazione. Si evidenziano però alcune problematiche:

- Nella colonna "Data_Evento" è presente anche l'orario, non espressamente richiesto nel prompt
- La dimensione non è espressa in forma numerica ma tramite frasi estratte dal testo
- Nella colonna "Comune" non sempre il Comune è espresso solo tramite il nome del luogo, ma talvolta è accompagnato da parti di frasi discorsive in cui è contenuto

Continuando la chat, perciò, si utilizzano altri prompt per ottenere un risultato migliore.

"Mantenendo identica la struttura della tabella, effettua le seguenti modifiche:

- Nella colonna "**Data_Evento**" non riportare l'orario, ma solamente la data.
- Nella colonna "**Dimensione**" riporta solo i numeri, se necessario con simboli come <, > e =. Non riportare le frasi da cui vengono estrapolati i dati."

Come in precedenza, il file .csv di risposta contiene 846 righe e la tabella è stata migliorata.

Rimangono però le problematiche di elaborazione dati legate all'AI per il Comune, sopra descritte, e anche alcune legate alla non univocità dei dati scritti nella colonna "Località", a causa di una compilazione differente avvenuta da parte degli enti.

Tramite la continuazione della chat, si prova a migliorare i dati presenti nella colonna "Comune", essendo i dati in "Località" difficilmente modificabili.

“Mantenendo identica la struttura della tabella, nella colonna “Comune” indicare solamente il Comune in cui è avvenuto l’evento, senza aggiungere altro. Esempi da non seguire:

- *Riga 119, ID_Fenomeno 36616*
- *Riga 169, ID_Fenomeno 34282”*

Il file di output mantiene 846 righe, e nella colonna “Comune” sono state rimosse le parentesi presenti, ma continuano a rimanere le frasi descrittive riportate dal testo alla tabella.

Osservando meglio i dati, oltre alle frasi, alcuni Comuni presentano un nome non uniformato al resto dei dati, ossia in stampatello minuscolo invece che in stampatello maiuscolo, ed altri non presentano un vero e proprio nome ma solo alcune lettere.

Inoltre, alcune schede non presentano una data.

Effettuando un controllo manuale per comprendere perché non compaiono alcune date, si apprende che l’AI in molti casi non riesce a trovare la data poiché questa non è scritta nel campo della scheda corretto, oppure è scritta sia nel campo “Data” che nel campo “Nome fenomeno”. Si richiede perciò di cercare la data anche in campi differenti da quello atteso.

“Mantenendo identica la struttura della tabella, nella colonna ‘Data_Evento’ riempire i campi vuoti cercando la data nel campo ‘Nome fenomeno’.”

Nonostante la richiesta di modifica, il file risulta identico al precedente, ancora con campi “Data” vuoti.

Claude:

Il prompt creato, insieme al file in allegato, superano il limite di lunghezza massimo, ed il problema persiste avviando una nuova chat.

DeepSeek:

L'output contiene una tabella compilata come richiesto, ma gli eventi elaborati risultano solo 123 su 845.

Gemini:

Gemini non riesce ad elaborare la richiesta e rimane bloccato sul caricamento.

14° PROMPT

Avendo ottenuto risultati abbastanza soddisfacenti, si è proseguito indagando più approfonditamente la capacità delle AI di contare parole all'interno, questa volta, di un testo, cambiando anche le parole indagate.

“Si considerano i dati storici relativi alle frane in Valle d'Aosta contenuti nel file ‘ChatGPT.txt’. Riconoscendo che il file è strutturato in 845 sezioni distinte, ognuna delle quali inizia con la coppia 'Codice fenomeno' e 'Id. fenomeno' (es. Id. fenomeno 19654), si prega di trattare ogni occorrenza di un nuovo 'Id. fenomeno' come l'inizio di un nuovo e unico evento.

All'interno dell'intero file, conta quante volte compaiono le seguenti parole:

- *gravemente*
- *lieve*
- *danni di rilievo*
- *leggero*
- *grave*
- *modesto*

Tutte le parole sopra scritte possono essere trovate al singolare ed al plurale, al maschile ed al femminile. Specificare quante parole di questa lista sono presenti in quale fenomeno. Non devono essere contate parole con la stessa radice ma con un significato totalmente diverso (es. ‘lievemente’ sì, ‘lievito’ no).”

ChatGPT:

Nell'output viene stilata una lista delle parole seguita da un conteggio e successivamente un'altra breve lista con i codici identificativi seguiti dalle parole o dalle espressioni trovate.

Anche questa AI effettua una sintesi finale affermando che le parole più ricorrenti sono ‘lieve’ e sue varianti, le espressioni di gravità intermedia, come ‘danni di rilievo’ e ‘modesto’ compaiono con una frequenza minore, e raramente sono presenti termini come

‘grave’, ‘gravemente’ e ‘leggero’. Anche in questo caso, perciò, si evidenziano degli errori nella classificazione del grado di danno.

Dopo un controllo manuale delle schede riportate, si nota che di 8 schede controllate, emerge un errore solamente in una, in cui viene contata una parola in meno, per, quindi, un totale di 12 parole invece di 13.

Claude:

A causa della lunghezza del messaggio, non permette l’invio dello stesso.

DeepSeek:

Nell’output DeepSeek produce un riepilogo in base alla gravità del danno, in cui inserisce le seguenti parole seguite dal numero di parole contate e dal codice identificativo del fenomeno, accompagnato dall’espressione riportata direttamente dal testo:

- Danni gravi:
 - Gravemente
 - Grave
 - Rilevanti
 - Evidenti

- Danni leggeri o lievi:
 - Lieve
 - Lievi
 - Leggero
 - Lievissimo

- Assenza di danni o danni non rilevati:
 - Danni di rilievo
 - Modesto

Infine, DeepSeek crea una sintesi in cui afferma che la maggior parte degli eventi ha provocato danni lievi mentre pochi hanno causato gravi danni. Questa affermazione, però, non risulta del tutto corretta in quanto sono state rilevate 5 occorrenze in ‘danni gravi’, 12 in ‘danni lievi’ e nessuna in ‘danni di rilievo o modesti’ su un totale di 845 eventi. Oltretutto non si osserva una corrispondenza corretta nella nomenclatura, poiché l’AI ritiene uguali ‘Assenza di danni o danni non rilevanti’ e ‘Danni di rilievo o modesti’, come anche si nota nell’elenco puntato soprastante, in cui appaiono le espressioni ‘Danni di rilievo’ e ‘Modesto’ nella categoria ‘Assenza di danni o danni non rilevati’.

Effettuando un controllo manuale a campione delle parole trovate all’interno delle schede singole, emerge che in alcuni casi vengono contate meno parole di quelle presenti (es. schede 37010 e 36453) oppure, in altri casi, conta parole che non risultano nelle schede (es. 36768 e 36985). Talvolta non sono presenti gravi errori a livello letterale ma risultano delle problematiche a livello concettuale: per la scheda n°36295 DeepSeek rileva “senza provocare gravi danni”, inserendo l’espressione nella categoria “Danni gravi”.

Gemini:

Gemini non riesce ad elaborare la richiesta e rimane bloccato sul caricamento.

15° PROMPT

Una volta presa coscienza di tutte le problematiche riscontrate fino a questo punto, facendo qualche rapido controllo tramite l'interfaccia R, si è appreso il modo in cui sia possibile estrarre tutte le date degli eventi dalla sezione "Codice fenomeno", in cui è contenuta, come visibile al paragrafo riguardante la descrizione delle schede EDF, operazione che verrà svolta in futuro in caso di necessità.

Si è pensato, inoltre, che potesse essere utile suddividere il file di testo contenente gli 845 eventi in 845 file di testo più piccoli, uno per ogni evento, e per farlo è stato utilizzato il seguente prompt:

"A partire dal file 'ChatGPT_3', riconoscendo che il file è strutturato in 845 sezioni distinte, ognuna delle quali inizia con la coppia 'Codice fenomeno' e 'Id. fenomeno' (es. Id. fenomeno 19654), si prega di trattare ogni occorrenza di un nuovo 'Id. fenomeno' come l'inizio di un nuovo e unico evento. Crea 845 file di testo differenti, uno per ogni evento, denominati con la coppia 'Codice fenomeno' e 'Id. fenomeno' in modo che ogni file sia univoco."

ChatGPT:

Dopo aver fornito, su richiesta dell'AI, qualche altra informazione, viene generata una cartella .zip vuota. Successivamente, vengono svolte diverse prove ma senza alcun risultato, così il prompt viene modificato come segue:

"A partire dal file 'ChatGPT_3', riconoscendo che il file è strutturato in 845 sezioni distinte, ognuna delle quali inizia con la coppia 'Codice fenomeno' e 'Id. fenomeno' (es. Id. fenomeno 19654), si prega di trattare ogni occorrenza di un nuovo 'Id. fenomeno' come l'inizio di un nuovo e unico evento di frana. Crea 845 file di testo (.txt) differenti, uno per ogni evento, denominati con la coppia 'Codice fenomeno' e 'Id. fenomeno' in modo che ogni file sia univoco."

Ogni sezione deve quindi iniziare con 'Codice fenomeno' e terminare con la riga corrispondente ad 'Allegati', compresi i caratteri immediatamente successivi eventualmente presenti."

Ricontrollando il file allegato di partenza, si è notato che questo non era il documento corretto e che a causa di ciò l'AI non è riuscita a trovare nessuna corrispondenza.

L'analisi, però, non può procedere a causa della limitata versione gratuita.

Claude:

A causa della lunghezza del messaggio, il sistema non permette l'invio dello stesso.

DeepSeek:

Non riuscendo a generare e fornire una cartella scaricabile con file fisici, DeepSeek suggerisce di utilizzare un software di programmazione che possa svolgere lo stesso compito.

Gemini:

Per poter scaricare la cartella generata da Gemini è necessario installare un'applicazione direttamente suggerita dall'AI, ma nonostante il processo sia stato seguito, la cartella non risulta scaricabile.

Viste le difficoltà delle intelligenze artificiali nella generazione di una cartella .zip, la divisione del testo è stata effettuata tramite l'interfaccia R.

16° PROMPT

A seguito della divisione del documento, si è effettuato un tentativo di creazione di una tabella contenente i dati necessari delle differenti schede.

“A partire dal file ‘TestLLM.zip’ contenente 845 file di testo riguardanti eventi di frane avvenuti in Valle d’Aosta, crea un file tabellare in cui inserire le seguenti informazioni di ogni file:

- *Codice fenomeno*
- *Id. fenomeno*
- *Comune (può essere scritto nella riga che inizia con ‘Comune’ oppure in ‘Nome fenomeno’*
- *Località*
- *Dimensione: può essere indicata con un solo numero, con più numeri oppure con una serie di parole che indicano una misura, e il tutto potrebbe essere seguito da “mc”, che indica i metri cubi (volume), o da “mq” che indica i metri quadrati (superficie). Potrebbe essere contenuta nelle righe che iniziano con ‘Dim./Morfometria’ oppure ‘Descrizione’*
- *Unità di misura della dimensione (es. mc, mq)”*

ChatGPT:

Non permette di effettuare analisi per diverse ore.

Claude:

Non supporta il formato .zip.

DeepSeek:

Non permette il caricamento della cartella.

Gemini:

Il file in formato .zip contenente gli 845 testi non viene elaborato a causa dei troppi documenti allegati.

Dato l'insuccesso del caricamento, si decide di effettuare una validazione della tabella contenente i dati degli 845 eventi a partire dal file di testo contenente le schede EDF fedelmente riportate, seguita da una validazione manuale per stimare l'errore delle intelligenze artificiali.

17° PROMPT

“Si considerano i dati storici di frane in Valle d’Aosta, tenendo presente che nel file di testo ‘ChatGPT.txt’ sono presenti 845 eventi franosi, che partono ognuno con la riga che inizia per ‘Codice fenomeno’ e terminano con la riga ‘Allegati’. A partire dal file ‘schedeDissesti.csv’, controlla che i dati presenti in ogni riga siano presenti all’interno del file ‘ChatGPT.txt’.

Se alcuni dati non corrispondono, indicare qual è la riga che presenta degli errori esplicitando il numero id.”

ChatGPT:

Anche in questo caso viene creata una tabella, ma, al contrario rispetto a Gemini, tutti i dati risultano errati: compare in ogni riga la scritta “Id non trovato nel file di testo”.

Poiché si sono ottenuti risultati contrastanti, si esegue un controllo manuale a campione dal quale emerge che non sono presenti errori.

Claude:

A causa della lunghezza del messaggio, non permette l’invio dello stesso.

DeepSeek:

Dopo aver allegato i file, viene comunicato nella chat che l’AI è in grado di leggere solamente il 15% dei documenti. Lo stesso accade convertendo il file .csv in un altro .txt.

Gemini:

Viene creata una tabella in cui vengono elencati:

- Codice fenomeno
- Id. fenomeno

- Comune
- Località
- Dimensione
- Unità di misura della dimensione

Successivamente, viene indicato che i dati degli eventi presenti nella tabella .csv sono corrispondenti ai dati estratti dal file di testo.

18° PROMPT

Essendo Gemini l'unica AI ad aver analizzato i dati correttamente, continuando la chat viene utilizzato il seguente prompt:

“A partire da questo csv conta quanti eventi avvengono per ogni comune e fai una tabella.”

Gemini:

Viene generata una tabella con un numero di eventi relativo ad ogni Comune. Sommando il numero dei fenomeni, il valore risulta pari a 249, ossia sulla tabella sono riportati solamente il 29,5% del totale degli eventi.

Si effettua un ulteriore tentativo a partire, questa volta, dal file di testo invece che dal file tabellare.

“Si considerano i dati storici di frane in Valle d'Aosta, tenendo presente che nel file 'schedeDissesti.txt' sono presenti 845 eventi franosi, che partono ognuno con la riga che inizia per 'Codice fenomeno' e terminano con la riga 'Allegati'. A partire dal file 'schedeDissesti.txt', conta quanti eventi si sono svolti nello stesso Comune.”

Questa volta il totale degli eventi ammonta a 380.

Viene, quindi, chiesto all'AI quale sia la problematica per cui Gemini non riesce ad effettuare il conteggio, e la risposta risulta duplice:

- Errata interpretazione del file poiché questo non risulta completo
- Presenza di una specifica struttura ripetuta all'interno del testo

È possibile che il file non risulti completo a causa della limitata lettura dei documenti che Gemini può effettuare.

Dopo aver ricaricato i file, si ottiene una tabella con 16 differenti Comuni per un totale di 21 eventi. Controllando i primi 21 eventi sul file di testo contenente tutti gli 845 eventi, risulta che effettivamente, considerando solo i primi 21 fenomeni, i calcoli di Gemini sono corretti.

Viene, quindi, chiesto al LLM di effettuare lo stesso su tutto il file.

Gemini evidenzia autonomamente una problematica: talvolta i nomi dei Comuni risultano molto simili, ma con accenti differenti. Specifica, inoltre, che questi verranno, quindi, conteggiati separatamente. La tabella generata contiene un totale di 797 eventi e, controllando manualmente, per i singoli Comuni il conteggio non risulta corretto.

Effettuando diversi tentativi, si ottengono somme di eventi pari a: 807, 870, 886 e 739.

Per avere un riscontro, viene utilizzata l'interfaccia R al fine di ottenere gli stessi dati richiesti all'AI. I risultati sono visibili nelle Figure 10 e 11 nel capitolo "Risultati" della Tesi.

