



Applicare algoritmi di ricerca operativa per ottimizzare il Field Service sulla rete di alta tensione

La rete di alta tensione è un'infrastruttura tecnologica di importanza fondamentale per il trasporto dell'energia e, per poter garantire sicurezza, continuità e qualità di servizio, necessita di svariate attività manutentive periodiche e straordinarie, da effettuarsi con squadre numerose, eterogenee e su un territorio molto vasto, dove un approccio decisionale basato sulla sola esperienza del personale operativo non sempre è sufficiente.

Cos'è la ricerca operativa

La ricerca operativa, nota anche come "**operations research**" è la branca della matematica applicata il cui scopo è **analizzare e risolvere problemi complessi**

mediante l'applicazione di **modelli matematici** e **metodi quantitativi avanzati**, al fine di mettere a punto metodologie per il **supporto decisionale** e strategico.

La sua importanza è fondamentale quando i problemi da affrontare hanno una dimensione tale per cui lo **spazio delle soluzioni**, seppur algoritmicamente estraibile, è **troppo vasto** per poter essere valutato nella sua interezza e quindi l'insieme di soluzioni ammissibili cresce in modo esponenziale o fattoriale rispetto alla dimensione di input del problema stesso.

Rientrano in questo contesto tutte le situazioni nelle quali bisogna prendere **decisioni sull'uso e sul coordinamento di risorse e attività limitate, rispettare un insieme assegnato di vincoli e massimizzare** al contempo **il beneficio** ottenibile dall'uso delle risorse stesse.

A livello pratico, l'approccio della ricerca operativa si focalizza nel formalizzare un problema in un modello matematico e calcolare una soluzione ottima o approssimata, considerando l'intera sequenza di operazioni del processo decisionale, ovvero:

- Definizione del problema;
- Studio della realtà e raccolta dei dati;
- Costruzione del modello;
- Individuazione di una o più soluzioni;
- Analisi dei risultati ottenuti.

La ricerca operativa presenta forti caratteristiche interdisciplinari tra matematica, informatica, economia e ingegneria, oltre che un livello di applicabilità ormai consolidato su diversi settori. In anni recenti, infatti, ha rivestito un ruolo di importanza crescente nelle attività di business, in quanto permette di **effettuare le scelte migliori per raggiungere un determinato obiettivo aziendale**, rispettando vincoli spesso imposti dall'esterno e difficilmente controllabili da chi deve compiere le decisioni.

La complessità della manutenzione sugli elettrodotti

Un elettrodotto è una delle infrastrutture di rete adibita al trasporto di energia elettrica ad alta tensione ed è composto da linee aeree, interrate o sottomarine.

Le linee ad alta tensione (220 kV - 132 kV) sono solitamente aeree, con due o più elementi conduttori sospesi e distanziati da tralicci metallici e opportunamente isolati da questi ultimi. L'alta tensione viene così trasportata in trifase fino ai centri urbani, dove apposite cabine primarie di trasformazione la abbassano a valori compresi tra 5 e 20 kV, effettuando altresì il passaggio alla corrente monofase comunemente usata a livello domestico.

Le attività di manutenzione su impianti di questo tipo sono quindi strategiche per garantire sia la **continuità**, sia la **qualità** del servizio e consistono principalmente in:

- **Supervisione** visiva delle infrastrutture e della distanza dei conduttori da terra;
- **Attività pianificate** periodicamente (es. lavaggio o sostituzione degli isolatori, pulizia dei basamenti, taglio della vegetazione adiacente per eliminare la possibilità di scariche verso terra);
- **Attività straordinarie per eliminare le anomalie riscontrate** (es. sostituzione dei distanziatori o delle sfere di segnalazione, riparazione delle rotture sui trefoli dei conduttori o sulla fune di guardia, esecuzione di giunti);
- **Emergenze** che possono scaturire a fronte di allarmi o incidenti;
- **Demolizione e ammodernamento** della rete.

La complessità sta nel dover gestire una serie di operazioni sia di tipo periodico, sia di tipo straordinario, molto **eterogenee** tra di loro e che quindi richiedono l'intervento di **squadre numerose** e costituite tenendo in considerazione **molteplici vincoli operativi e skill complementari delle risorse**. Oltretutto, per garantire la continuità del servizio, le attività dovranno essere portate a termine **entro un tempo stabilito** e su tutto il territorio in cui la rete è installata, con la conseguente necessità di predisporre gli **spostamenti ottimali** entro aree estremamente vaste.



Come la ricerca operativa supporta il Field Service sulla rete di alta tensione

L'applicabilità e l'impatto della ricerca operativa sull'organizzazione delle attività di business stanno riscontrando sempre maggiore successo. L'aumento della **complessità dei sistemi aziendali** e la conseguente necessità di **gestire enormi moli di dati** hanno reso indispensabile l'utilizzo di **strumenti automatici di decisione** i quali, attraverso l'elaborazione algoritmica, permettono di far fronte a problemi di grandi dimensioni, surclassando così il vecchio approccio decisionale basato sulla sola esperienza del personale, sufficiente quando le informazioni a disposizione e la complessità dei sistemi erano minori.

Declinati sulle attività di Field Service da effettuare lungo una rete di alta tensione, gli algoritmi di ricerca operativa possono essere suddivisi in tre livelli di evoluzione generazionale:

- **Algoritmi per la creazione delle missioni.** Come già accennato, la manutenzione di una rete estesa come quella dell'alta tensione, richiede di gestire e far coesistere interventi di varia natura, con cadenze variabili e caratteristiche che includono sia la programmazione nel tempo, sia le urgenze.

Gli algoritmi di ricerca operativa, una volta “alimentati” con la lista delle attività da eseguire sulla rete (operazioni pianificate a calendario, allarmi, emergenze e anomalie riscontrate durante le supervisioni) e con i relativi vincoli previsti per la loro esecuzione (ora, durata e priorità degli interventi, orari di lavoro, pranzo e straordinario delle risorse, skill e disponibilità, tempi di percorrenza stradale, rispetto dei Service Level Agreement, materiali e attrezzature a magazzino), sono in grado di fornire un supporto efficace al pianificatore nella fase di organizzazione, in modo di creare percorsi ottimizzati per le risorse, massimizzando le ore utili dedicate alle attività operative e minimizzando i possibili periodi di inattività e le perdite di tempo dovute agli spostamenti su un territorio molto vasto.

Al fine di ottenere la migliore schedulazione delle attività, possono essere utilizzati vari algoritmi di ricerca operativa, quali: greedy replenishment, local optimization, random improvement e minimum spanning tree.

- **Algoritmi per comporre i team di lavoro e associare le missioni.** Il livello evolutivo successivo consiste nell’automatizzare la creazione delle squadre operative, tenendo in considerazione la complessità delle attività da eseguire sulla rete di alta tensione e la conseguente necessità di assegnare squadre eterogenee.

Anche in questo caso, la ricerca operativa è in grado di proporre la migliore soluzione tenendo in considerazione molteplici vincoli, quali ad esempio la compatibilità tra risorse, la corrispondenza dei loro orari di lavoro, la complementarità delle loro skill.

In questo caso, al fine di raggiungere migliori risultati e ottenere un ranking ottimale delle formazioni tra le quali selezionare la più performante, gli approcci usati possono fare uso di molteplici algoritmi presenti in letteratura, quali: weight optimization, best ranking, heuristic and combinatorial approach.

- **Applicazione dell’Artificial Intelligence agli algoritmi per la composizione dei team.** Il terzo livello evolutivo mediante il quale la ricerca operativa può supportare il Field Service sulla rete di alta tensione consiste nell’alimentare gli algoritmi con suggerimenti basati sull’esperienza, per migliorare la costruzione delle squadre in maniera proattiva.

L’AI e nello specifico tutto il filone legato all’apprendimento automatico, mette infatti a disposizione algoritmi capaci di ottimizzare le performance in autonomia, sia mediante l’analisi di dati storico-statistici, sia dall’esperienza umana, elaborando tutte le possibili situazioni future in

cui il pianificatore dovrebbe trovarsi a operare nel corso del tempo. Ciò consente di prevedere anche le casistiche più complesse e comporre squadre adeguate e corrette, da poter assegnare alla risoluzione di qualunque problematica relativa alla manutenzione di un elettrodotto.

Perché ottimizzare le attività applicando algoritmi di ricerca operativa?

I benefici derivanti dall'utilizzo di algoritmi di ricerca operativa per la gestione della manutenzione sulla rete di alta tensione sono molteplici e aprono le porte alla **razionalizzazione generale dei processi di schedulazione delle attività**, incluse l'**assegnazione** delle stesse alle squadre in campo e una **migliore efficienza** durante la fase operativa.

- **Aumento della capacità di gestione degli interventi.** L'ottimizzazione derivante da un migliore utilizzo delle risorse umane consente di ottenere una maggiore disponibilità delle stesse e quindi di riuscire a gestire un numero più elevato di attività in campo, senza dover ricorrere a straordinari o squadre esterne.
- **Migliore gestione di piani di intervento complessi.** Ottimizzando la schedulazione e l'assegnazione delle attività alle risorse sulla base di molteplici parametri (incluse urgenze, competenze e geolocalizzazione degli impianti), la ricerca operativa è in grado di far fronte anche ai più elaborati calendari di operazioni tipicamente creati per le manutenzioni degli elettrodotti, semplificandone la gestione generale e riducendo il carico di lavoro per il pianificatore.
- **Aumento dell'efficienza del personale operativo.** La capacità di creare le squadre ottimali prendendo in considerazione infinite combinazioni di risorse sulla base delle loro capacità e performance passate, favorisce una più rapida ed efficiente esecuzione degli interventi in campo e, di conseguenza, migliori risultati finali per l'azienda.
- **Forecasting.** Analizzando le grosse moli di dati derivanti dagli interventi già realizzati sulla rete, gli algoritmi di ricerca operativa possono effettuare previsioni sulle attività future e le relative risorse necessarie, consentendo al pianificatore di avere un quadro completo e a lungo termine dei carichi di lavoro e quindi di poter intervenire in tempo qualora ci fosse la necessità di effettuare azioni migliorative.