

OTTIMIZZAZIONE COMBINATORIA E SISTEMI DI SUPPORTO ALLE DECISIONI (DSS)

Prof. Domenico Conforti – 12/10/2023 – Autori/Revisionatori: Gervasi e Raponi

Il processo decisionale clinico riguarda i processi di diagnosi, prognosi e terapia. Tra gli esempi che abbiamo considerato, abbiamo evidenziato che, spesso, le variabili decisionali sono esprimibili tramite valori interi per cui i relativi modelli si riferiscono ad insiemi finiti e numerabili. Questo influenza il modello di risoluzione che fa riferimento all'ambito combinatorio. Il modello, quindi, fa riferimento alla combinazione di più insiemi che sono costituiti da un numero finito e numerabile di oggetti. Il dominio delle possibili decisioni ammissibili in base al criterio fissato è, anch'esso, finito e numerabile. Viene, poi, scelta l'alternativa migliore in base ai criteri.

L'insieme S definisce la regione ammissibile dalla quale estraiamo la soluzione/i che soddisfano i criteri. L'insieme S è definito, nel modello di ottimizzazione, dalla funzione obiettivo.

ESEMPI del modello combinatorio:

Scelta del **modo di trasportare qualcosa**:

$$S = \{ Nave + Treno, Camion, Aereo+Treno \}$$

Scelta del **periodo di produzione**:

$$S = \{ Gennaio, Febbraio+Marzo, Marzo+Aprile, Luglio+Agosto \}$$

Scelta del **percorso più breve da s a t** :

$$S = \{ percorsi da s a t \}$$

Scelta della **ditta a cui affidare un lavoro**:

$$S = \{ ditte disponibili \}$$

Scelta **in base al costo**

$$S = \{ Nave + Treno, Camion, Aereo+Treno \}$$

$$f(Nave+Treno) = 150.000 \text{ €}$$

$$f(Camion) = 121.000 \text{ €}$$

$$f(Aereo+Treno) = 180.000 \text{ €}$$

$$F(x): S \rightarrow R = \text{funzione obiettivo}$$

Normalmente la funzione obiettivo è rappresentata dalla funzione più semplice che rappresenti bene il nostro criterio.

$$\min \{ f(x) : x \in S \}$$

La formula prevede di trovare il minimo della funzione obiettivo, ovvero, i valori del vettore delle variabili decisionali x che minimizzano i valori della funzione obiettivo f . I valori devono essere presi in S (l'insieme che contiene i valori che rispettano i criteri che abbiamo imposto).

La soluzione ottima (x^*) è tale che:

$$x^*: f(x^*) \leq f(x) \text{ per ogni } x \in S$$

La soluzione ottima si riferisce alla soluzione migliore rispetto al criterio che abbiamo definito (in questo caso minimizzare la funzione obiettivo).

La soluzione ammissibile è la soluzione che soddisfa i vincoli: ogni $x \in S$.

Altre formule:

$$f(x^*) = \min\{f(x): x \in S\}$$

$$x^* = \operatorname{argmin}\{f(x): x \in S\}$$

X^* può essere definito anche come l'argomento minimo della funzione obiettivo sulle variabili x che appartengono all'insieme S .

Esempio:

Scelta del modo di trasportare qualcosa:

$$S = \{Nave+Treno, Camion, Aereo+Treno\}$$

$$f(Nave+Treno) = 150.000 \text{ €}$$

$$f(Camion) = 121.000 \text{ €}$$

$$f(Aereo+Treno) = 180.000 \text{ €}$$

$$f(x^*) = 121.000$$

$$x^* = \text{Camion}$$

La maggior parte dei problemi può ricondotto ad un insieme finito di soluzioni ammissibili.

Nelle scorse lezioni, abbiamo visto una rappresentazione grafica in cui i punti erano a coordinate intere e in cui, quindi, assumevamo che l'insieme delle decisioni fosse un insieme a cardinalità finita.

N.B: la cardinalità di un insieme è il numero di elementi che appartiene all'insieme.

Il modo più immediato di risolvere il modello di decisione è quello di fare una enumerazione completa dell'insieme S (=vagliare tutte le possibili combinazioni) e successivamente prendere la decisione.

Se la cardinalità è finita, è possibile utilizzare questo metodo, ma è un procedimento lungo e dispendioso e tra poco vedremo perché.

Innanzitutto, il fatto di considerare la cardinalità di S finita è una ipotesi restrittiva? No, perché andando ad approssimare la realtà che stiamo studiando, è sempre possibile l'assunzione di un insieme infinito.

Vediamo un esempio dovuto a George Dantzig, uno dei fondatori della Ricerca Operativa, in particolare della programmazione lineare, e inventore del metodo del simplesso.

Supponiamo di avere una azienda con 70 persone e 70 lavori da fare. Assegniamo i lavori alle persone in modo che ognuno ne faccia uno ed abbiamo una valutazione $c(p,l)^1$ di quanto è conveniente ogni possibile assegnamento persona p a lavoro l .

Vogliamo la soluzione che, ad esempio, massimizzi la somma delle convenienze degli assegnamenti fatti, cioè scegliere una soluzione tra tutte le permutazioni di 70 elementi (sono $70! \approx 100^{100}$).

La decisione X_{pl} è di tipo binario (vale 1 se p è assegnato ad l , altrimenti 0).

La funzione obiettivo prevede la massimizzazione di c si calcola tramite la sommatoria in figura.

La soluzione che dobbiamo scegliere è una delle possibili permutazioni.

$$\begin{aligned} & c_{pl} \\ & X_{pl} = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases} \\ & \max \sum_{p=1}^{70} \sum_{l=1}^{70} c_{pl} X_{pl} \end{aligned}$$

Il processo è ragionevole, però troppo lungo.

[1]: la valutazione $c(p,l)$ è o un costo o un beneficio. È uno score.

Come risolviamo?

Proviamo con un computer capace di lavorare a 1MHz (ora obsoleto, all'epoca dell'esempio futuristico). Dopo diversi giorni di calcolo non ha finito e lo stoppiamo. Allora immaginiamo di dargli più tempo: supponiamo di farlo partire il giorno della nascita dell'universo. Ad oggi avrebbe finito? NO.

Allora prendiamo un computer più veloce (1THz, anche se ancora non esiste). Immaginiamo di averlo fatto partire il giorno del big bang. Ad oggi avrebbe finito? NO.

Allora prendiamo tanti computer che lavorano in parallelo: tappezziamo la terra di computer di questo tipo e supponiamo di farli partire al momento del big bang. Ad oggi avrebbero finito? NO.

Servono 10^{40} terre così equipaggiate per risolvere questo problema enumerando!!

È, quindi, un approccio rudimentale. Per risolvere facilmente questi problemi sono necessari i modelli e gli algoritmi giusti. La scelta del modello e dell'algoritmo spesso determina enormi differenze nell'uso delle risorse di calcolo e, quindi, nei tempi di risoluzione.

Invece di fare una enumerazione completa, può essere fatta una ricerca più intelligente che, valutando il comportamento della funzione obiettivo, va a considerare solo alcuni specifici sottoinsiemi significativi (se un algoritmo trova qualcosa di interessante in una zona, può escludere le altre).

IL CONTESTO DI RIFERIMENTO

La caratteristica peculiare di qualsiasi attività di pianificazione e gestione è la necessità di dover prendere delle decisioni con responsabilità e rischi sempre maggiori. Vi sono contesti caratterizzati da una complessità nei processi interni e nel modo di produrre ed erogare servizi (= contesto tecnico-organizzativo-economico-sociale). Questa complessità può essere trattata se riusciamo ad interpretare i problemi decisionali che vogliamo affrontare e a trattarli con approcci matematici e informatici che ci permettono un miglioramento nell'efficacia e nell'efficienza complessiva. Ci dobbiamo, quindi, dotare di una serie di strumenti e di approcci in modo da prendere decisioni in modo oculato.

ATTIVITÀ

Definiamo i tipi di attività del processo decisionale:

- **ATTIVITÀ STRATEGICHE:** impattano sul medio-lungo periodo e concernono la “pianificazione strategica” ossia il processo decisionale che fa riferimento all'attuazione di politiche strategiche (*es: come e dove costruire un grande ospedale*).

- **ATTIVITÀ TATTICHE:** l'orizzonte temporale è limitato all'ordine dei mesi (max qualche anno) e fanno riferimento all'allocazione delle risorse disponibili per poter realizzare in modo efficace ed efficiente gli obiettivi dell'organizzazione (*es: definizione dei budget, controllo di gestione, decisione dei progetti in corso, ...*).
- **ATTIVITÀ OPERATIVE:** attività sistematiche che caratterizzano i processi all'interno dell'organizzazione giornaliera o settimanale. Fanno riferimento alle attività di tipo esecutivo, non di pianificazione.

Queste 3 categorie impattano, poi, sulla struttura dei modelli di ottimizzazione e sulle modalità di soluzione.

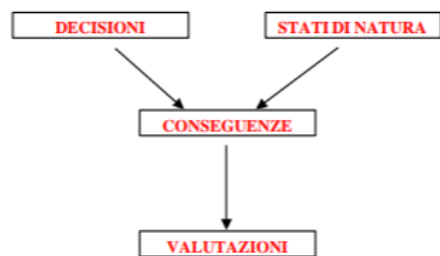
PROCESSO DECISIONALE



Con processo decisionale non si intende la mera decisione, ma si intende lo sviluppo e la descrizione delle procedure che caratterizzano la struttura del processo decisionale all'interno dell'organizzazione che stiamo analizzando. Il grafico si riferisce al processo decisionale a razionalità limitata (= basato su un approccio razionale limitato dalle caratteristiche del contesto di riferimento).

1. Innanzitutto, c'è l'analisi complessiva del contesto (=visione ad alto livello delle caratteristiche complessive del contesto di riferimento con cui abbiamo a che fare) e la definizione degli obiettivi che andremo a determinare.
2. Si formula, poi, il problema decisionale.
3. Si sviluppa un modello decisionale e, quindi, l'identificazione delle alternative delle decisioni possibili.
4. Si valuta, poi, l'impatto delle alternative sul contesto di riferimento.
5. Se questo impatto è adeguato, si implementa la decisione all'interno dell'organizzazione.
6. Si fa poi un monitoraggio per verificare la nostra decisione. Dal monitoraggio e dalla verifica possiamo ricavare un feedback che ci permette di rivalutare e/o implementare la nostra decisione.

Nello specifico, lo schema del processo decisionale relativo all'attuazione fa capo a questa struttura:



Le decisioni sono le alternative che dobbiamo assumere. Gli stati di natura sono i parametri esogeni che caratterizzano il contesto di riferimento e non possono essere controllati dal decisore.

Le conseguenze sono l'impatto delle decisioni calate negli stati di natura.

Inoltre, dobbiamo distinguere le decisioni strutturate e quelle non strutturate.

- **DECISIONI STRUTTURATE:** decisioni ripetute di routine. A livello decisionale operativo sono fortemente strutturate e la rappresentazione del modello decisionale è semplice perché riusciamo ad avere una descrizione completa del problema.
- **DECISIONI POCO (O NON) STRUTTURATE:** decisioni relative a situazioni nuove e complesse con obiettivi multipli spesso in conflitto fra loro. La fase di modellazione è più complessa.

Sulla base di come sono caratterizzate le decisioni e gli stati di natura possiamo classificare i processi decisionali. Lo schema di classificazione è basato su diverse dicotomie.

La prima è relativa agli stati di natura.

Se il processo decisionale si basa su un contesto di riferimento che ha un profilo ben definito (=1 solo stato di natura), il processo è definito **deterministico** (i dati sono certi).

Se vi sono più stati di natura, i processi sono definiti **aleatori**. Si rappresentano attraverso modelli probabilistici. Se lo stato di natura ha una distribuzione di probabilità nota si definisce "condizione di rischio". Se ha una distribuzione di probabilità non nota, si definisce "condizione di incertezza". Un esempio sono i servizi sanitari di emergenza che hanno sia condizioni di rischio che di incertezza.

La seconda dicotomia è relativa all'insieme S.

Se l'insieme delle decisioni è finito, i processi sono definiti **discreti**; se è continuo i processi sono definiti **continui**.

La terza dicotomia è relativa al tempo. Le applicazioni che vedremo non sono dinamiche (= il fattore tempo non si considera).

Se consideriamo il fattore tempo, si parla di processi **dinamici**; se non lo consideriamo, si parla di processi **statici**.

La quarta dicotomia è basata sulla caratterizzazione degli obiettivi.

Se vi è un solo obiettivo, si parla di processi **monocriterio**; se vi sono più obiettivi; si parla di processi **multicriterio**.

La quinta dicotomia si basa sui decisori.

Se interviene un solo decisore (come assumeremo noi); si parla di processi **singolo-decisore**; se intervengono più decisori, si parla di processi **multi-decisore** (si parla di teoria dei giochi).

Complessivamente 5 dicotomie per un totale di $2^5 = 32$ differenti tipi di processi decisionali.

In seguito, allego uno schema riassuntivo:

| | |
|---------------------|------------------------------------|
| 1. Deterministici | Aleatori (rischio o incertezza) |
| 2. Discreti | Continui |
| 3. Statici | Dinamici |
| 4. Monocriterio | Multicriterio |
| 5. Singolo decisore | Multi-decisore |

SISTEMI DI SUPPORTO ALLE DECISIONI (DSS)

Per gestire complessivamente il processo decisionale si utilizzano, come metodi e strumenti di soluzione, i modelli di ottimizzazione degli esempi trattati in precedenza. Bisogna interpretare ciò che è stato visto negli esempi come se fossero dei motori computazionali interni, che possono essere inseriti in un'architettura più complessa e articolata, in un contesto più articolato, che è proprio quello dei Sistemi di Supporto alle Decisioni (**DSS**), i quali non sono altro che degli artefatti (piattaforme) software che consentono di dare un supporto alla presa di decisione.

L'organizzazione complessiva del sistema (la sua struttura) può essere descritta attraverso i seguenti componenti:

1. Data Management System
2. Model Management System
3. Knowledge Base System
4. User Interface
5. User (Decision Maker)

Anche in questo contesto non esiste una nomenclatura standardizzata e codificata.

Sostanzialmente il Sistema di Supporto alle Decisioni (DSS) deve in qualche modo abbracciare complessivamente il processo decisionale che bisogna attuare; per fare ciò si ha bisogno di diversi strati che caratterizzano la struttura di questo sistema:

1. Data Management System: È lo strato fondamentale che si occupa dell'organizzazione e gestione dei dati che caratterizzano il processo decisionale. È responsabile del come acquisire ed elaborare i dati del problema: *capacità di conservare, organizzare, recuperare informazioni sulla cui base decidere*;
2. Model Management System: È un layer che implementa i modelli che sono stati sviluppati e costruiti per approcciare i problemi decisionali che caratterizzano il processo decisionale. Il moderno va quindi interpretato come un modo per codificare i modelli decisionali di ottimizzazione: *capacità di analizzare informazioni e scenari attraverso modelli quantitativi*
3. Knowledge Based system: Detto anche "Base di conoscenza", si tratta di una modalità per codificare i concetti fondamentali che caratterizzano il dominio di riferimento del processo decisionale ad esempio chat gpt. Al suo interno vi è una base di conoscenza, ovvero un vocabolario con all'interno un motore di ricerca. Ovviamente chat gpt è limitato perché lo è anche il vocabolario. Il knowledge base system è sostanzialmente un vocabolario con le regole per "esplorarlo" (descrizione schematica).

- I punti 2. e 3. sono unibili e fanno riferimento al “cervello” del DSS: i dati lo alimentano e dal “cervello” escono fuori le indicazioni ed il supporto alle decisioni, che vengono visualizzati fornire attraverso l’interfaccia utente (punto 4.)

Il Model Management System e il Knowledge Base System lavorano sui dati forniti dal Data Management System per tirare fuori il supporto decisionale, ovvero l’indicazione da fornire, attraverso la visualizzazione dell’interfaccia utente

Classificazione di DSS:

In termini di classificazione complessiva, si possono trovare:

- **DSS Orientati ai dati** (guidati da questi ultimi) che forniscono supporto aggregando, integrando ed elaborando dati. Questo è ciò che tipicamente succede quando si costruiscono sistemi di supporto alle decisioni basati su tecniche di machine learning (di apprendimento automatico)
- **DSS Orientati ai modelli** che codificano al loro interno una rappresentazione della conoscenza e del dominio attraverso dei modelli decisionali (esempi degli esercizi trattati in precedenza).
- **Sistemi di natura logica** (seppur datati) che in passato prendevano il nome di “sistemi esperti” e al loro interno codificano la conoscenza deduttiva (logica) del dominio di riferimento (la logica). Si tratta, ad esempio, delle linee guida e dei protocolli clinici, che hanno un’articolazione sistematica e strutturata, ovvero definiscono gli oggetti (entità) del dominio e poi fanno riferimento ad una sequenza di regole basate schematicamente su una determinata sequenza (If...Then...Else). Un esempio si può osservare nel protocollo per scompenso cardiaco, nel quale innanzitutto si profila il paziente (realizzando pre-profilo specifici) e, in base al profilo, il paziente segue un determinato percorso secondo regole che lo supportano. Questo si può codificare attraverso strumenti di natura logica. *Il medico, anziché rileggere il protocollo clinico, attraverso il DSS può avere un supporto nella decisione del percorso e della terapia.*

SISTEMI DI SUPPORTO DELLE DECISIONI DI NATURA CLINICA *(NB è solo un accenno perché nell’ambito del corso non andrà a considerare applicazioni di natura clinica)*

I sistemi di supporto alle decisioni cliniche sono stati realizzati per sostenere il decision maker del processo clinico (che in questo caso è il medico) nell’assumere decisioni all’interno del proprio processo decisionale. Quindi si intende come decisione clinica quella di natura diagnostica, prognostica e terapeutica che occorre intraprendere, sulla base dell’acquisizione di dati clinici, sulla base della corretta interpretazione di questi ultimi e sulla base della conoscenza deduttiva, quindi della fenomenologia che caratterizza lo specifico dominio clinico. *(Si studiano infatti le basi della fenomenologia clinica: es fisiologia, patologia, anatomia... che corrispondono alla base di conoscenza su cui attuare le decisioni cliniche.)*

Se lo si volesse schematizzare sinteticamente, il processo decisionale clinico può essere articolato nelle seguenti fasi:

- analisi, comprensione e formulazione dello specifico problema clinico
- processo di diagnosi (solo una volta configurato l’intero problema): valutazione e inquadramento diagnostico e formulazione di una diagnosi
- Processo di terapia: scelta e pianificazione della terapia appropriata in base alla formulazione della diagnosi
- Follow up e gestione delle conseguenze che si esplicano a valle della terapia all’interno di esso (processo decisionale di tipo prognostico, valutazione dell’evoluzione della malattia in riferimento alla terapia)

In generale, nella corrente pratica clinica, non si usano modelli matematici quantitativi a supporto del processo decisionale clinico, bensì le decisioni sono fatte sulla base della conoscenza deduttiva del dominio e dell'esperienza clinica (se un medico ha un'esperienza clinica pregressa molto ampia è meglio perché ciò si traduce in alte prestazioni).

Accanto a questo c'è da dire, *ed è enfatizzato dallo sviluppo delle tecnologie a supporto dei processi clinici e all'aumento della domanda di prestazioni sanitarie, che la quantità (e l'ampiezza) dei dati e dei parametri clinici che l'operatore sanitario deve analizzare potrebbe eccedere le capacità cognitive* (il cervello umano non è in grado di analizzare in modo integrato e contemporaneo più di 7 parametri per volta, non si ha un'informazione integrata complessiva, bensì si ragiona "per colonna").

Da questo punto di vista, i DSS devono venire incontro a questa mancanza.

L'intelligenza artificiale non si sostituisce al decision maker, ma lo appoggia nonostante la scelta spetti a lui ed è sempre lui che detiene il controllo complessivo del processo decisionale.

Es un ingegnere meccanico che lavora in un'industria, ormai non fa nulla a "carta e penna" bensì è supportato dai software. Se deve gestire una linea di processo di un impianto industriale, ha a disposizione il software che gli consente di gestire in modo più appropriato possibile quella linea.

Il decision maker deve riconoscere il sistema software ed essere consapevole del complessivo processo che sottende il processo decisionale vero e proprio, così da potersi far aiutare dal primo sulle attività più esecutive.

Il DM, nei processi clinici il medico, deve avere piena consapevolezza del proprio processo decisionale e la piena conoscenza deduttiva del dominio di riferimento e, quando utilizza DSS, deve esserne completamente padrone e valutare la qualità del supporto data dal sistema. Non vi è mai un meccanismo di sostituzione.

I motori in termini di knowledge base vanno sviluppati e inseriti nei processi di decisioni cliniche, utilizzano un approccio metodologico, per rappresentare il processo decisionale, che fa riferimento ai 2 fondamentali schemi inferenziali:

- **Deduttivo:** basato sulla conoscenza di dominio, dei risultati scientifici, dei principi su cui si basano determinati fenomeni. *La conoscenza deduttiva si può trovare, ad esempio, nel manuale di fisiologia*
- **Induttivo:** basato sull'esperienza e sulla pratica clinica, sulla conoscenza indotta ed estratta dalla casistica e dall'esperienza concreta. Sostanzialmente, partendo dalla casistica che, anche quando molto vasta, è sempre limitata, in modo induttivo, dall'esperienza generalizza ad una situazione più ampia.

I due schemi si possono e si devono integrare. Il medico, nella propria pratica clinica, più o meno consapevolmente, attua un'integrazione dei due approcci.

Anche sola esperienza clinica deve essere confermata e sostenuta dalla conoscenza deduttiva (ben consolidata e basata sull'evidenza); non ci devono essere contrasti.

Es. nel dominio delle malattie cardiovascolari, ormai la conoscenza deduttiva è ben consolidata (concetto che non vale per tutti i domini), in ambito oncologico di diagnosi e modalità terapeutiche. In alcuni domini quindi, la conoscenza deduttiva è ben consolidata.

*In altri domini come nella reumatologia invece (malattie reumatologiche:- malattie autoimmuni: artrite; -malattie degenerative: artrosi) la conoscenza deduttiva non è sufficientemente ben consolidata (vi sono molteplici scuole di pensiero), ci può esser un approccio molto più **induttivo**, basato molto sulla pratica clinica, che spesso si traduce (con l'adeguata profilazione del paziente) in approcci Trial in error.*

Un sistema di supporto alla decisione clinica lo si può intendere come piattaforma informatica (interfaccia con l'utente è web based) in cui l'utente dei DSS accede, tramite link, al portale web con un profilo e dei diritti d'accesso al sistema e, una volta entrato, può fruire dei servizi che offre il DSS clinico. Layer gestisce i dati (clinici) nella successiva schematizzazione:

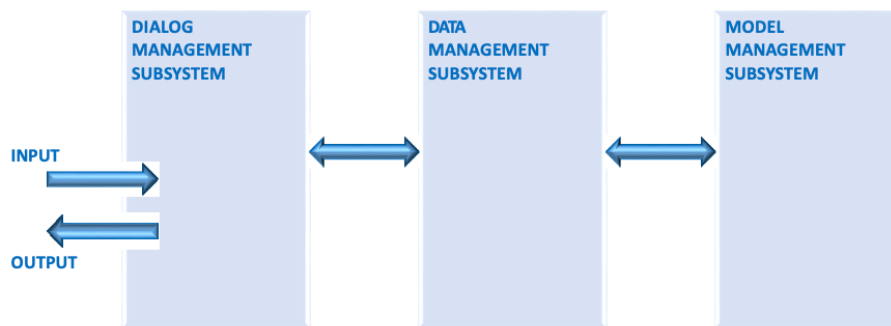
- **dati** provenienti da casistiche retrospettive: *dati che in quel momento vengono acquisiti sull'individuo (paziente) che si va a gestire*
- occorre codificare una **conoscenza di dominio** acquisita tipicamente attraverso la codifica delle linee guida e dei protocolli clinici
- **Modelli computazionali** (motori o *model management systems*) che possono fare riferimento a *modelli di Ottimizzazione* o *modelli di Machine Learning* (ovvero all'implementazione della conoscenza di dominio *che sarebbe la knowledge base*)

L'output (il servizio) che viene reso dal sistema può avere diverse caratteristiche, ovvero può essere:

- una specifica **informazione**;
- un **warning** (ovvero un avviso), su determinate condizioni;
- un **promemoria**;
- un **suggerimento**.

Il supporto decisionale non viene quindi dato in termini x^* (non va data la soluzione) bensì va tradotto in ciò che può andare in ausilio alla presa di decisione. Quindi o viene data un'informazione specifica, o un warning, o un promemoria sulle attività da attivare e realizzare o una modalità di comportamento (suggerimento)

ARCHITETTURA GENERALE: basata su questo schema ma fa riferimento, in termini di caratterizzazione, agli specifici servizi che vanno erogati (non esiste un sistema *general purpose*), tutti i domini vengono specializzati in base al dominio clinico:



Nel cuore vi è il layer di gestione dei dati (***data management subsystem***), da un lato (a destra) è presente il **model management subsystem** (ovvero la knowledge based) che ha la funzione di integrare e dall'altro (a sinistra) si trova il **dialog management**

subsystem (sistema di interfaccia)

Sistema di decisione viene stabilito in base al modello clinico

APPROCCI ALLA CLASSIFICAZIONE DEI CDSS: classificazione delle caratteristiche specifiche rispondendo ai successivi specifici 3 quesiti:

1. **Qual è lo scopo?** – quali sono i task affrontati nel CDSS? – che tipo di supporto decisionale offre?
2. **Qual è la modalità di interazione?** – quali sono le modalità con cui il supporto decisionale viene fornito dal CDSS all'interno del processo clinico?
3. **Qual è la sua architettura interna?** – come è organizzato internamente? – quali paradigmi di ragionamento implementa?

Per quanto riguarda la prima questione, si ha a che fare con:

- attività informative (avvisi, promemoria)

- protocolli di gestione (del paziente in ambito clinico)
- supporto alla diagnosi.

In base alle modalità di interazione si possono avere, in termini del supporto decisionale, il sistema di supporto alle decisioni cliniche può assumere diversi “atteggiamenti”:

- **Sistemi passivi:** l'utente usa il sistema solo quando gli serve supporto, ha il controllo totale e richiede al sistema di avere un suggerimento che va valutato e analizzato dal decision maker per essere eventualmente rifiutato o accettato e attuato. *Un esempio sono i sistemi di supporto alla diagnosi e CDSS per supporto gestione sale operatorie.*
- **Sistemi attivi:** propongono in modo automatico dei suggerimenti sulla base della verifica di determinate condizioni. In questo caso l'utente finale ovvero il decision maker ha un controllo parziale sul sistema anche se può accettare o rifiutare il suggerimento che gli viene inoltrato. *Un esempio è un sistema di supporto per valutare le interazioni farmacologiche o un CDSS che controlla l'aderenza ad un determinato protocollo clinico.*
- **Sistemi proattivi :** è un sistema che, in modo automatico, “impone” (anche se alla fine decide l'utente) il supporto decisionale in quel determinato contesto. Si tratta di sistemi, operativamente in continua attività, che vengono alimentati in modo continuo da dati (del pz ad esempio). *Un esempio tipico è il CDSS automatico basato che monitora da remoto i parametri vitali di un paziente con scompenso cardiaco (anche nella telemedicina), e, in base alle analisi di questo flusso di dati, periodicamente manda dei warning o attua delle iniziative in modo proattivo (automatico) mandandole all'operatore sanitario che può decidere come intervenire di conseguenza*

Dietro ad una semplice interfaccia si nasconde un'architettura molto complessa.

CLASSIFICAZIONE IN BASE ALL'ARCHITETTURA INTERNA

Per quanto riguarda la classificazione interna, si fa riferimento a due modalità di organizzazione:

1. **Knowledge- based:** basata sulla conoscenza, andando a codificare la conoscenza deduttiva nel modulo di knowledge base, all'interno del sistema
2. **Non knowledge- based:** fa riferimento alla conoscenza induttiva (non kb), andando ad implementare conoscenze estratte in modo induttivo ad esempio applicando machine learning

Le **knowledge based (1.)** hanno una specifica articolazione:

- Interfaccia Utente: espone e visualizza i dati, le informazioni e i suggerimenti all'utente;
- Motore di inferenza: è il cosiddetto *reasoner*, ovvero motori di ragionamento logico che lavorano su una base di conoscenza ;
- Base di Conoscenza : codifica la conoscenza deduttiva.

Chat gpt ha una struttura di questo tipo.

Nel dettaglio:

- Motore di inferenza: è un selettore di regole da essere attivate per fornire il supporto decisionale ed è anche costruito su una base di un interprete delle regole;
- Base di conoscenza: composta da un vocabolario (concetti fondamentali che caratterizzano la conoscenza deduttiva di quel dominio) e da regole stabilite *ad es* dalle linee guida

I CDSS knowledge based sono basati su approcci ontologici, ovvero, per rappresentare la base di conoscenza e codificarla, si utilizza un approccio ontologico.

Ontologia: approccio metodologico per rappresentare un dominio basato su una conoscenza deduttiva
Ciò consente di:

- descrivere formalmente i concetti del dominio (identificandone le **classi**),

- identificare le proprietà di ciascun concetto (**slot**)
- restringere ed identificare i limiti che possono caratterizzare i singoli concetti (**facets**)

utilizzando l'approccio ontologico ed un insieme di istanze di classi si realizza una base di conoscenza.

Se si sviluppa un CDSS **Non knowledge based (2.)** si fa riferimento ad approcci induttivi utilizzando tecniche di machine learning. In questo caso bisogna innanzitutto realizzare il motore computazionale, quindi estrarre, dalla conoscenza induttiva, il meccanismo che ci consente di passare dal particolare ad una regola generale (che valga su tutto). Questo può essere fatto offline con l'estrazione di determinati modelli dall'analisi.

I medici, per la classificazione, possono usare un **albero decisionale**: tipica tecnica che è possibile implementare per estrarre conoscenza dall'approccio induttivo. La struttura di questo albero consente di definire delle regole partendo dal nodo radice e seguendo i percorsi che è possibile realizzare fino ad arrivare ai nodi foglia (ogni possibile percorso definisce una regola specifica che si può codificare stabilendo un supporto o suggerimento per la decisione)

Sono stati fatti tentativi passati di CDSS, alcuni dei quali anche utilizzati in ambito clinico come MYCIN, con la funzione di supporto alla diagnosi e trattamento delle infezioni nel sangue, e de Dombal, in supporto alla diagnosi differenziale del dolore addominale acuto...

Ancora oggi, escludendo centri clinici più avanzati, di terzo livello, o di specifici domini clinici, l'utilizzo di CDSS non è ancora attuato su larga scala poiché manca una modalità sufficientemente efficace ed efficiente di gestione e organizzazione dei dati clinici. *Serve il layer di gestione e organizzazione dei dati clinici.*

Un esempio di CDSS proposto in Italia in ambito clinico è il fascicolo sanitario elettronico.