

Tecniche di Intelligenza Artificiale per la risoluzione del problema di pianificazione turni

Candidati: Chiara Ansaldo – Nicola Chiesa

**Relatore: Prof. Marco Maratea
Correlatore : Dott. Matteo Cardellini**

Digital Health

La Digital Health, definita come l'utilizzo delle tecnologie dell'informazione e della comunicazione in medicina e nei processi di gestione dell'assistenza sanitaria, è nata diversi anni fa, ma negli ultimi anni sta crescendo di importanza, grazie alle nuove tecnologie e anche a causa di nuove sfide come una società che invecchia, la pandemia di COVID-19 e la necessità di ridurre i costi elevati.

Problema e Importanza della Pianificazione di Turni



Pianificazione

La pianificazione del personale si occupa di assegnare ad ogni operatore i propri turni e ferie, secondo le specifiche e i vincoli della particolare struttura/organizzazione.

Questo problema è pervasivo in molti domini di applicazioni.

Importanza di una buona pianificazione

Essere in grado di risolvere in modo efficiente un problema del genere è di significativa importanza per almeno tre motivi:

1.

**Soddisfazione
dell'utente**

2.

**Riduzione
tempistica**

3.

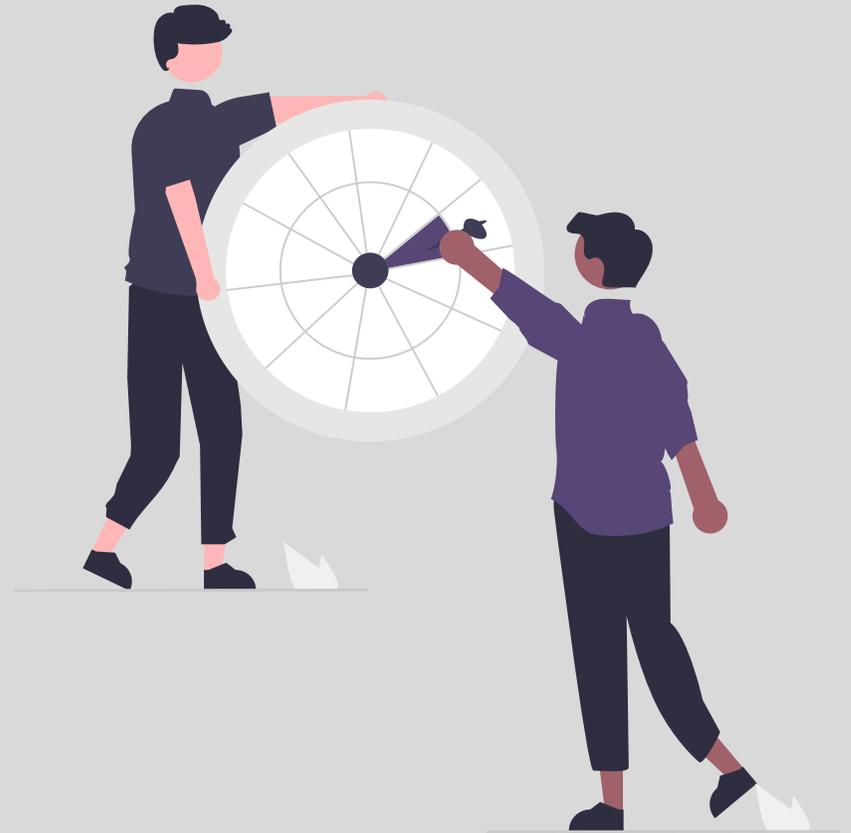
**Riduzione dei
costi**

Importanza di una buona pianificazione

Riguardo ai costi, focalizzandosi sulla Digital Health:

- Studio McKinsey
 - \$ 105 miliardi in funzioni di supporto clinico dell'amministratore degli Stati Uniti
 - La soluzione automatizzata potrebbe far risparmiare \$ 15 miliardi all'anno
- Studio Accenture
 - L'IA può portare a un risparmio di 150 miliardi di dollari nel settore sanitario degli Stati Uniti entro il 2026
 - di cui l'assistenza del flusso di lavoro dell'amministratore può far risparmiare \$ 18 miliardi
- Chemioterapia @ Ospedale S.Martino
 - Risparmio di tempo dei coordinatori
 - Maggior numero di pazienti trattati
 - Utilizzo delle risorse al 100% e nessun utilizzo dell'overbooking
 - Ridurre il sovraffollamento per implementare il distanziamento sociale
- Riabilitazione @ ICS Maugeri
 - 20 min risparmiati per fisioterapista; 10 min per paziente guadagnati
 - 1,8 milioni di euro di ricavi all'anno; 13 FTE all'anno risparmiati

Obiettivo e Contributi



Obiettivo

L'obiettivo è quello di codificare un programma che sia in grado di effettuare una pianificazione ottima per una struttura ospedaliera date le particolari specifiche.

Contributi

Per raggiungere la risoluzione di questo problema:

1.

**Studio di una
soluzione
esistente basata
su tecniche di
Intelligenza
Artificiale**

2.

**Analisi di
scalabilità della
soluzione**

3.

**Web App per la
sua fruibilità**

Studio di una soluzione esistente basata su tecniche di Intelligenza Artificiale

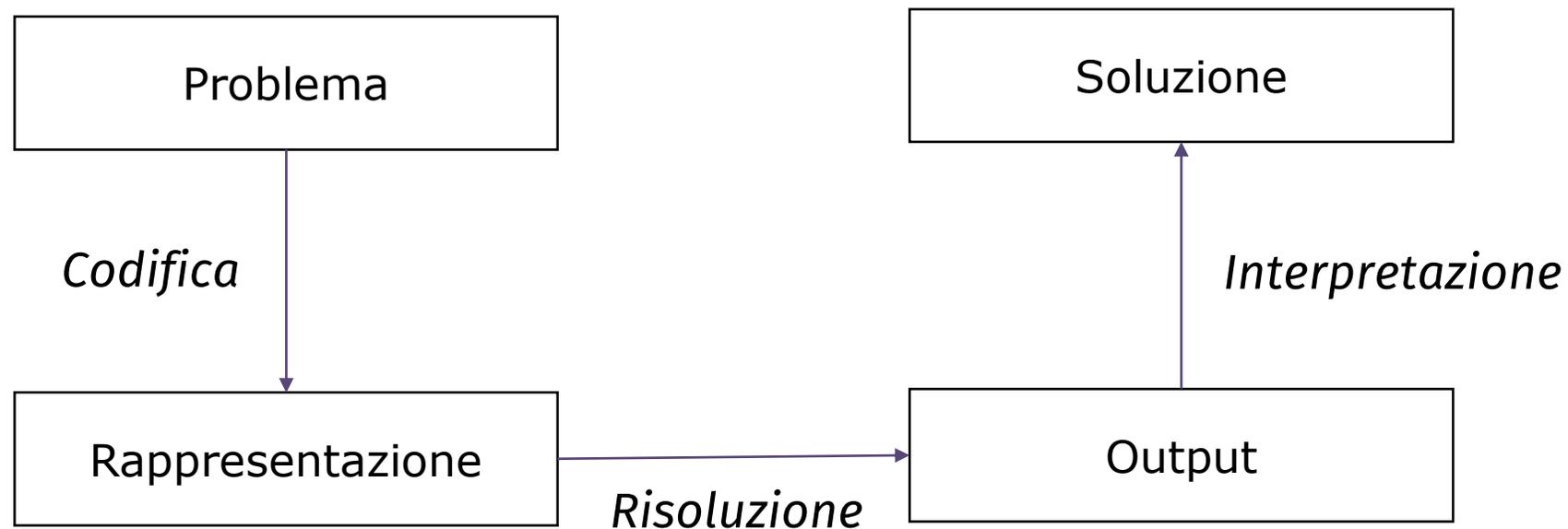


Specifiche

La schedulazione viene svolta in particolare in base:

- Alla durata del periodo di pianificazione
- Al diverso tipo di turni (mattino, pomeriggio, sera, riposo)
- Al numero di operatori richiesti per ogni turno
- Alle restrizioni sull'operatore (i.e. , ore massime di lavoro giornaliero, settimanale, mensile, giorni di riposo minimi, preferenza sui turni, richiesta ferie)

Metodologia



Possibile approccio per risolvere la pianificazione attraverso IA

Rappresentazione

% Associa ad ogni giorno ciascuno operatore.

$1 \{assignment(OP, S, W, D, WK, M) : qualified(OP, S, W)\} 1 : - operator(OP, _, _, _), day(D, WK, M).$

% Controlla che a seguito di due turni di notte, l'operatore sia a riposo

$: - assignment(OP, 3, _, D - 1, _, _), assignment(OP, 3, _, D - 2, _, _), not assignment(OP, 4, _, D, _, _).$

% Minimizza i turni assegnati ad operatori che avevano indicato una preferenza

$: \sim \#sum \{W, ID, D : assignment(ID, _, W, D, _, _)\} = M. [M@1]$

Analisi di Scalabilità della Soluzione





Analisi 45 operatori – 31 Giorni

Operatori

Giorni

	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	
7	0,006	0,003	0,019	0,028	0,028	0,041	0,053	0,052	0,040	0,048	0,056	0,066	0,071	0,084	0,081	0,090	0,078	0,068	0,091	0,089	0,108	0,095	0,090	0,106	0,117	0,121	0,113	0,091	0,120	0,096	0,110	0,119	0,112	0,137	0,148	0,124	0,153	0,152	0,148	0,163	0,190	0,270	
8	0,012	0,047	0,031	0,038	0,044	0,046	0,047	0,043	0,076	0,063	0,065	0,067	0,075	0,073	0,066	0,131	0,083	0,096	0,094	0,098	0,116	0,143	0,140	0,138	0,141	0,191	0,156	0,131	0,135	0,157	0,150	0,185	0,171	0,169	0,189	0,170	0,240	0,182	0,272	0,243	0,257	0,293	
9	0,023	0,063	0,040	0,040	0,046	0,050	0,059	0,060	0,083	0,073	0,077	0,087	0,092	0,106	0,110	0,135	0,113	0,113	0,151	0,113	0,151	0,167	0,169	0,160	0,185	0,262	0,218	0,155	0,195	0,174	0,167	0,199	0,245	0,239	0,243	0,235	0,235	0,311	0,308	0,287	0,367	0,303	
10	UNSAT	0,028	0,034	0,036	0,050	0,056	0,076	0,062	0,083	0,071	0,118	0,085	0,127	0,113	0,191	0,150	0,116	0,137	0,170	0,139	0,193	0,201	0,262	0,181	0,244	0,271	0,287	0,249	0,269	0,268	0,209	0,261	0,275	0,389	0,343	0,308	0,446	0,349	0,348	0,365	0,554	0,412	
11	UNSAT	0,045	0,028	0,041	0,072	0,048	0,112	0,064	0,192	0,107	0,088	0,150	0,148	0,179	0,193	0,162	0,180	0,209	0,168	0,265	0,242	0,277	0,258	0,329	0,381	0,368	0,438	0,281	0,262	0,285	0,328	0,340	0,285	0,433	0,566	0,418	0,544	0,390	0,472	0,584	0,664	0,721	
12	0,043	0,038	0,074	0,054	0,044	0,039	TO	0,091	0,095	0,132	0,157	0,110	0,158	0,191	0,133	0,238	0,380	0,252	0,281	0,258	0,268	0,383	0,328	0,367	0,583	0,393	0,426	0,443	0,281	0,350	0,614	0,397	0,539	0,411	0,608	0,673	0,634	1,179	0,684	0,654	0,806	0,854	
13	UNSAT	5,841	0,063	0,054	0,103	0,124	0,072	0,126	0,123	0,165	0,169	0,213	0,245	0,215	0,228	0,221	0,266	0,335	0,261	0,369	0,425	0,670	0,467	0,393	0,653	0,738	0,626	0,304	0,439	0,543	0,449	0,613	0,553	0,995	0,719	1,117	1,078	0,809	0,740	0,707	0,798	0,894	
14	UNSAT	0,061	0,048	0,052	0,073	0,084	0,109	0,116	0,157	0,199	0,196	0,200	0,250	0,230	0,225	0,342	0,323	0,383	0,475	0,488	0,891	0,575	0,680	0,771	0,728	0,829	0,930	0,434	0,425	0,531	0,563	0,516	0,640	0,887	0,964	0,368	1,012	1,052	0,974	1,026	1,023	1,466	
15	UNSAT	0,073	0,138	0,089	0,344	0,144	0,201	0,183	0,181	0,269	0,337	0,205	0,284	0,321	0,428	0,410	0,702	0,406	0,447	0,887	0,699	0,766	0,943	0,860	1,001	0,911	1,339	0,474	0,807	0,809	0,928	0,783	1,396	0,861	1,022	0,394	1,890	1,293	1,603	1,563	1,090	2,474	
16	UNSAT	0,063	0,079	0,093	0,130	0,140	0,197	0,224	0,270	0,241	0,293	0,278	0,340	0,335	0,356	0,485	0,483	0,519	0,782	0,535	1,204	1,716	1,015	1,159	1,024	1,562	1,055	1,245	0,643	0,885	1,126	1,256	0,867	2,339	0,910	1,489	1,985	1,526	1,562	1,572	1,656	3,201	
17	UNSAT	0,065	0,096	0,066	0,102	0,123	0,183	0,221	0,199	0,262	0,369	0,224	0,293	0,487	0,527	0,773	1,391	1,021	1,337	1,324	0,965	1,020	1,430	1,845	1,713	1,228	2,443	0,791	1,378	1,217	1,925	3,008	0,938	1,668	1,507	1,750	2,291	1,591	3,472	2,901	2,851		
18	UNSAT	TO	0,076	0,074	0,157	0,247	0,135	0,222	0,215	0,347	0,438	0,341	0,359	0,604	0,474	0,480	0,578	0,790	0,912	1,177	0,932	0,987	1,023	2,116	1,014	1,330	2,875	0,948	1,488	2,182	1,550	1,039	1,188	1,576	2,630	2,289	5,065	2,231	2,497	1,833	5,660	5,818	
19	UNSAT	0,394	0,081	TO	0,143	0,262	0,315	0,258	0,264	0,411	0,360	0,415	0,474	0,522	1,366	0,842	1,355	0,651	2,775	1,529	1,447	1,919	1,248	2,748	2,221	4,021	1,913	1,600	1,552	1,417	2,427	1,439	2,199	3,288	2,590	3,730	2,680	2,927	3,063	3,457	4,509	3,146	
20	UNSAT	0,166	0,112	0,167	0,127	0,426	0,241	0,257	0,398	0,349	0,411	0,797	0,655	0,576	1,000	0,955	0,941	2,148	1,814	2,535	2,108	3,177	2,612	2,976	2,668	2,943	3,617	1,691	1,242	1,758	2,826	2,327	2,171	3,361	2,322	3,522	3,284	5,992	5,022	5,458	4,996	5,196	
21	0,204	TO	10,545	0,197	0,194	0,503	2,908	0,498	0,339	0,595	1,147	1,106	1,110	1,190	1,453	1,204	1,763	2,034	5,900	3,001	2,865	3,481	8,370	5,490	6,174	5,470	3,291	1,335	3,819	2,122	3,584	3,365	3,182	5,306	4,007	1,542	6,667	4,940	3,452	6,481	3,734	10,184	
22	5,145	0,169	TO	0,205	0,883	TO	0,542	0,789	0,585	0,749	0,949	1,003	1,732	2,108	2,556	2,408	4,762	3,360	3,261	2,266	3,563	6,046	5,932	6,877	10,985	10,108	5,382	1,527	2,673	5,663	1,965	2,364	3,717	2,408	4,687	18,683	5,558	5,435	4,782	8,983	9,321	11,679	
23	UNSAT	TO	0,214	TO	0,366	0,466	0,464	1,184	1,268	3,287	1,766	2,471	1,859	2,845	3,018	7,016	3,715	1,976	6,436	5,813	3,852	3,375	8,199	6,505	6,126	6,728	6,771	3,688	4,534	3,795	3,158	7,817	5,340	5,569	8,816	3,624	10,226	9,635	10,262	7,502	21,228	7,782	
24	UNSAT	0,133	0,420	0,453	0,454	0,767	0,857	1,775	1,972	1,672	2,485	3,425	1,917	1,921	4,306	2,463	4,480	3,347	6,778	5,468	5,590	7,251	5,806	8,105	20,270	11,996	15,278	4,397	5,795	15,910	3,094	2,356	9,745	9,313	5,993	4,084	9,993	12,181	13,661	10,421	7,295	17,115	
25	UNSAT	0,184	0,197	0,283	0,454	TO	0,604	1,084	1,173	2,585	1,549	1,790	1,525	2,915	2,394	2,753	6,491	5,948	5,140	6,037	5,931	12,705	8,827	7,148	11,355	6,780	12,245	5,942	4,341	6,181	9,882	8,288	8,450	4,848	11,698	8,494	8,295	8,976	TO	5,066	10,889	10,496	
26	UNSAT	0,199	0,452	0,465	0,299	0,987	1,241	0,982	1,048	1,995	0,858	1,793	2,023	2,355	2,327	4,875	2,514	5,420	5,506	4,597	9,892	3,115	5,007	3,465	9,447	5,839	21,792	6,325	7,685	5,860	5,213	14,804	16,914	18,776	12,188	17,663	17,102	22,456	17,137	29,101	TO	TO	
27	1,117	1,978	TO	0,223	1,080	0,600	1,987	1,197	2,431	2,833	1,639	1,753	4,668	1,786	2,391	2,153	2,798	7,926	11,222	10,105	18,108	11,147	22,288	10,665	16,132	19,726	12,622	12,338	6,361	4,346	11,654	8,279	9,576	20,045	12,536	15,557	26,281	12,698	16,876	21,981	27,263	TO	
28	UNSAT	UNSAT	0,188	0,550	TO	0,358	0,857	0,683	2,567	2,858	4,573	3,419	5,199	7,352	3,433	5,829	7,091	8,953	5,904	13,978	9,027	22,271	16,382	16,014	21,958	23,176	19,818	18,628	7,592	29,630	12,766	6,134	24,051	TO									
29	UNSAT	UNSAT	0,338	0,351	TO	1,307	0,923	1,910	2,562	1,503	15,915	3,665	17,581	6,335	14,698	9,093	5,908	10,124	13,737	TO	14,912	TO	14,451	27,985	28,482	TO	25,018	7,519	24,913	13,763	20,106	TO											
30	UNSAT	UNSAT	0,611	0,565	0,901	1,614	1,716	1,702	14,149	1,684	13,844	7,177	8,184	TO	10,038	9,955	16,540	22,174	7,881	22,822	22,185	22,868	28,844	25,813	25,998	24,344	25,245	26,245	TO														
31	UNSAT	UNSAT	6,683	TO	1,736	0,962	1,726	1,528	8,251	13,575	7,609	4,301	6,079	8,492	8,316	10,172	8,602	16,011	17,710	11,785	9,765	11,628	11,649	24,504	19,431	24,070	22,783	TO	TO														



0 15 30s



Time Out



Insoddisfacibile

Tabella 31 giorni x 45 operatori



Analisi 150 operatori – 31 Giorni

Operatori

Giorni

	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150	
7	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	
9	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	
11	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	SAT	SAT	SAT	
13	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	SAT									
15	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	SAT														
17	SAT	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	SAT															
19	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	SAT	UNK	SAT																
21	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	SAT	SAT	SAT	SAT	SAT	SAT	UNK	SAT	UNK	SAT	UNK	UNK	UNK	UNK	SAT						
23	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	SAT	UNK	SAT	UNK																		
25	SAT	OP	OP	OP	OP	OP	OP	SAT	UNK	SAT	UNK	UNK	UNK																		
27	SAT	OP	OP	OP	OP	OP	SAT	SAT	SAT	SAT	SAT	SAT	UNK	SAT	UNK																
29	SAT	OP	OP	OP	SAT	SAT	SAT	SAT	UNK	UNK	SAT	UNK																			
31	SAT	OP	OP	OP	SAT	SAT	UNK	OP	SAT	UNK	UNK	SAT	UNK																		

Tabella Soddisfacibilità - 31 giorni x 150 operatori



Soluzione Ottima

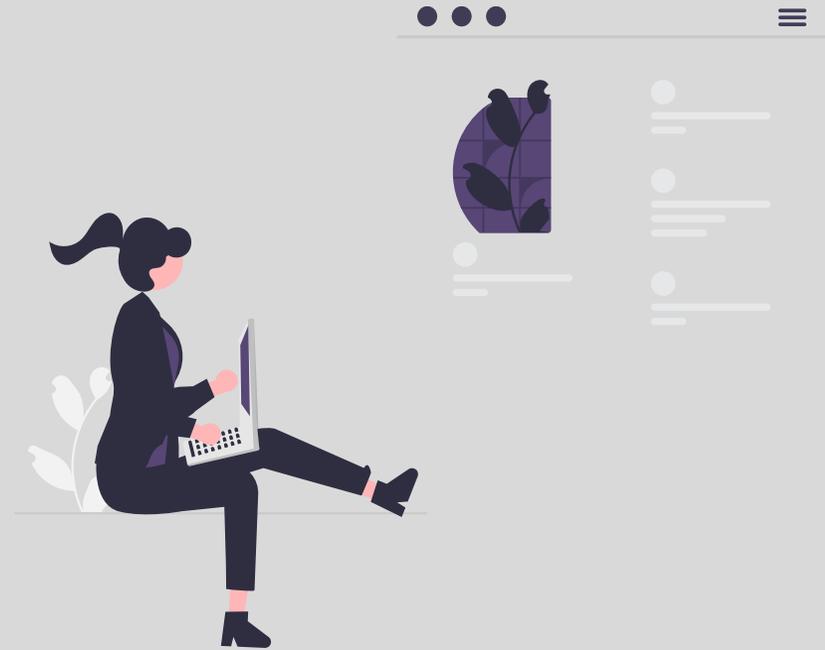


Soluzione Soddisfacibile



Soluzione Sconosciuta

Web App



Tecnologie Utilizzate



Shift Scheduling



Il modo per organizzare i turni ospedalieri ottimizzando le proprie risorse



Inizia

Home Page



Università
di Genova

Shift Sheduling Home Pianifica



Shift Scheduling

Il modo per organizzare i turni ospedalieri ottimizzando le proprie risorse



Inizia

Termini e condizioni Versione Corrente: 1.0 Authori: Chiara Ansaldo, Nicola Chiesa

Inserimento Input



Shift Sheduling Home Pianifica

Giorni

<p>Id Operatore <input type="text" value="1"/></p>	<p>Giorni Massimi prima di una pausa <input type="text" value="4"/></p>	<p>Ore Settimanali Massime <input type="text" value="48"/></p>	<p>Ore Mensili Massime <input type="text" value="224"/></p>	<p>Minima Giorni di Pausa <input type="text" value="1"/></p>	<p>NON Mattina <input checked="" type="checkbox"/></p>	<p>NON Pomeriggio <input type="checkbox"/></p>	<p>NON Notte <input type="checkbox"/></p>
<p>Aggiungi Ferie <input type="checkbox"/></p>							
<p>Rimuovi questo Operatore</p>							

<p>Id Operatore <input type="text" value="2"/></p>	<p>Giorni Massimi prima di una pausa <input type="text" value="4"/></p>	<p>Ore Settimanali Massime <input type="text" value="48"/></p>	<p>Ore Mensili Massime <input type="text" value="224"/></p>	<p>Minima Giorni di Pausa <input type="text" value="1"/></p>	<p>NON Mattina <input type="checkbox"/></p>	<p>NON Pomeriggio <input type="checkbox"/></p>	<p>NON Notte <input type="checkbox"/></p>
<p>Aggiungi Ferie <input type="checkbox"/></p>							
<p>Rimuovi questo Operatore</p>							

<p>Id Operatore <input type="text" value="3"/></p>	<p>Giorni Massimi prima di una pausa <input type="text" value="4"/></p>	<p>Ore Settimanali Massime <input type="text" value="48"/></p>	<p>Ore Mensili Massime <input type="text" value="224"/></p>	<p>Minima Giorni di Pausa <input type="text" value="1"/></p>	<p>NON Mattina <input type="checkbox"/></p>	<p>NON Pomeriggio <input type="checkbox"/></p>	<p>NON Notte <input type="checkbox"/></p>
<p>Aggiungi Ferie <input type="checkbox"/></p>							
<p>Rimuovi questo Operatore</p>							

<p>Id Operatore <input type="text" value="4"/></p>	<p>Giorni Massimi prima di una pausa <input type="text" value="4"/></p>	<p>Ore Settimanali Massime <input type="text" value="48"/></p>	<p>Ore Mensili Massime <input type="text" value="224"/></p>	<p>Minima Giorni di Pausa <input type="text" value="1"/></p>	<p>NON Mattina <input checked="" type="checkbox"/></p>	<p>NON Pomeriggio <input checked="" type="checkbox"/></p>	<p>NON Notte <input type="checkbox"/></p>
<p>Aggiungi Ferie <input type="checkbox"/></p>							
<p>Rimuovi questo Operatore</p>							

Output



Shift Sheduling

[Home](#)

[Pianifica](#)

Risultati

	Operatore 1	Operatore 2	Operatore 3	Operatore 4
17/07/2022	Notte	Pomeriggio	Mattino	Riposo
18/07/2022	Riposo	Pomeriggio	Mattino	Notte
19/07/2022	Pomeriggio	Mattino	Riposo	Notte
20/07/2022	Pomeriggio	Notte	Mattino	Riposo
21/07/2022	Pomeriggio	Riposo	Mattino	Notte
22/07/2022	Notte	Pomeriggio	Mattino	Riposo
23/07/2022	Riposo	Mattino	Pomeriggio	Notte



Università
di Genova

DIBRIS DIPARTIMENTO
DI INFORMATICA, BIOINGEGNERIA,
ROBOTICA E INGEGNERIA DEI SISTEMI

Lavori Futuri

Lavori Futuri

Si possono inoltre immaginare varie implementazioni future

1. Ottimizzazione della codifica stessa per avere un'esecuzione più rapida.
2. Implementazione di un pre-processing per rimuovere a priori i modelli sicuramente non soluzione.
3. Dare la possibilità di andare a modificare nella Web-App tutte le specifiche possibili e non solo un sottoinsieme, come nel nostro caso.

Grazie per l'attenzione

*Ansaldo Chiara
Chiesa Nicola*

UniGe

DIBRIS

Codifica Generale del Problema

```
1 1 {assignedLeave(OP, L, DAY): day(DAY,_,_), days(T), DAY <= T - L + 1} 1 :- leave(OP, L, D).
2 1 {assignment(OP, S, W, D, WK, M): qualified(OP, S, W)} 1 :- operator(OP, _, _, _), day(D, WK, M).
3 :- not assignment(OP, 4, _, D, _,_), day(D, _,_), assignedLeave(OP, L, V), D >= V, D <= V + L - 1.
4 :- operator(OP, MR, _, _), day(D,_,_), D > MR, #count {DAY: assignment(OP, 4, _, DAY, _,_), DAY
    <= D, DAY >= D - MR} < 1.
5 :- leave(ID,L1,F1), leave(ID,L2,F2), assignedLeave(ID,L1,M1), assignedLeave(ID,L2,M2), F1<F2,
    M1+L1>M2.
6 :- requirement(N, T, D), #count {ID: assignment(ID, T, _, D,_,_)} < N.
7 :- rests(OP, N), #count {D: assignment(OP, 4, _, D, _,_)} < N.
8 :- assignment(OP, 3, _, D-1,_,_), assignment(OP, 3, _, D-2,_,_), not assignment(OP, 4, _, D,_,_).
9 :- assignment(OP, 3, _, D-1,_,_), assignment(OP, T, _, D,_,_), T < 3.
10 :- operator(ID, _, Q, _), day(.,.,M), #sum {L,D: assignment(ID, T, _, D,.,M), shift(T, L)} > Q.
11 :- operator(ID, _, _, Q), day(.,WK,.), #sum {L,D: assignment(ID, T, _, D,WK,.), shift(T, L)} > Q.
12 :~ #sum {W, ID, D: assignment(ID,.,W,D,.,_)} = M. [M@1]
13 :~ #sum {DIF, ID, S: assignedLeave(ID, L, D), leave(ID, L, S), DIF = |D - S|} = N. [N@2]
14 :~ #count {D, OP: assignment(OP,0,.,D,.,_)} = U. [U@3]
```