Studio dell'algoritmo Min-Conflicts con e senza *constraint weighting* applicato al Map-Coloring Problem

Pietro Siliani

April 5, 2022

1 Introduzione: Testo Elaborato

In questo esercizio si implementano (in un linguaggio di programmazione a scelta) le strategie di ricerca locale min-conflicts e constraint weighting descritte in R&N 2021 6.4. Si comparano quindi le due strategie sul problema della colorazione di mappe, (si possono generare problemi casuali con la strategia suggerita nell'esercizio 6.10 in R&N 2021), studiando empiricamente il tempo di esecuzione in funzione del numero di variabili n del problema, facendo crescere n quanto più possibile (nei limiti ragionevoli imposti dall'hardware disponibile).

2 Procedimento

N. B. : Il linguaggio di programmazione utilizzato per sviluppare ciascun modulo sorgente è stato *Python 3.8*.

2.1 Generazione dei Problemi

La procedura seguita per generare automaticamente problemi di Map-Coloring è stata quella descritta nell'esercizio 6.10 in [1]. Un problema di Map-Coloring è identificato attraverso un grafo non orientato (V, E) tale che:

- Ogni nodo $v \in V$ rappresenta una regione della mappa.
- Ogni arco $(u, v) \in E$ indica un confine tra la regione corrispondente ad u e quella corrispondente a v, ed un vincolo del tipo $v.color \neq u.color$.

Ogni colore è identificato da una label numerica che va da 0 a $k-1$ dove k è il numero di colori da utilizzare.
Sono stati generati problemi di diversa dimensione [1] partendo da una dimensione **START_SIZE = 20** ed incrementando la dimensione di un passo **SIZE_INCREMENT = 20** fino ad un massimo di **MAX_SIZE = 600**, per ogni dimensione è stato generato un insieme di 50 problemi, per un totale complessivo di 1500 problemi, per ogni problema è stato fissato $k = 4$.
Al fine di implementare l'euristica di *constraint weighting* ogni problema presenta un dizionario che mappa ogni vincolo (u, v) nel corrispondente peso, inizialmente tutti i pesi sono inizializzati ad 1 e sono successivamente aggiornati nel caso in cui si utilizzi l'euristica *constraint weighting* per la risoluzione dei problemi. Ciascun problema è stato memorizzato sotto forma di un file *.txt*.

2.2 Risoluzione dei Problemi e Raccolta Dati

Per risolvere i problemi è stato utilizzato l'algoritmo **MIN-CONFLICTS**, implementato basandosi su quanto riportato nel paragrafo 6.4 di [1] e fissando il valore di **MAX_STEPS** a 10000. L'implementazione sviluppata utilizza un parametro aggiuntivo: *useWeights*, tale parametro consiste in un booleano che indica se abilitare o disabilitare l'euristica di *constraint weighting*.

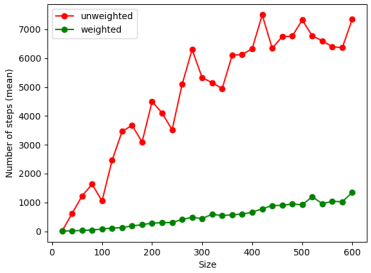
[1] Con dimensione si intende il numero di nodi

Al fine di analizzare le prestazioni di **MIN-CONFLICTS** con e senza *constraint weighting* si è seguita la seguente procedura: inizialmente sono stati caricati i problemi, generati come descritto nel paragrafo precedente, a partire dai file *.txt*, sucessivamente per ogni problema è stato eseguito l'algoritmo **MIN-CONFLICTS** sia con *constraint weighting* che senza; in entrambi i casi sono stati misurati il tempo di esecuzione (in secondi) ed il numero di passi impiegati dall'algoritmo prima di terminare l'esecuzione.
Detto S_i l'insieme di problemi di dimensione i è stato poi calcolato, per ogni i, il tempo di esecuzione medio ed il numero di passi medi dei problemi in S_i.
È stato inoltre registrato il numero complessivo di problemi risolti e non risolti da **MIN-CONFLICTS** con e senza euristica. I risultati così ottenuti sono stati infine memorizzati in dei file *.txt*

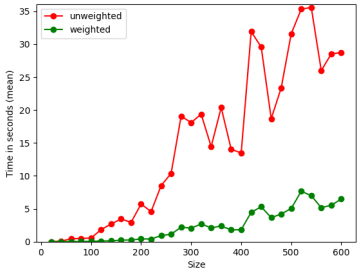
2.3 Plotting

I risultati ottenuti come descritto nel paragrafo precedente sono stati poi impiegati per realizzare dei grafici attraverso l'utilizzo della libreria *matplotlib*. I grafici così ottenuti sono riportati e commentati nella sezione Risultati

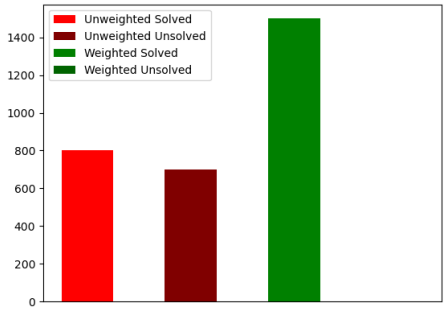
3 Risultati



(Figura 1) Numero di passi medio in relazione alla dimensione



(Figura 2) Tempo di esecuzione medio in relazione alla dimensione



(Figura 3) Numero di problemi risolti e non risolti, con e senza *constraint weighting*

Osservando i grafici relativi al numero di passi e al tempo di esecuzione medi in funzione della dimensione dei problemi è evidente il vantaggio derivante dall'utilizzo dell'euristica *constraint weighting*. Senza l'utilizzo dell'euristica il massimo del numero medio di passi supera il valore di 7000 passi, ed il massimo del tempo di esecuzione medio è di circa 35 secondi; utilizzando *constraint weighting* si osservano un massimo per il numero medio di passi e per il tempo di esecuzione che si avvicinano rispettivamente a 1500 passi e 7.5 secondi. Globalmente l'impiego di *constraint weighting* ha permesso di ottenere una riduzione percentuale media dell'**84.7%** sui tempi di esecuzione e dell'**86.9%** sul numero di passi rispetto alla versione di **MIN-CONFLICTS** che non utilizza alcuna euristica. È possibile infine osservare, in base alla Figura 3, che tutti i problemi avevano soluzione, ciò significa che, per alcuni dei problemi sottoposti all'algoritmo, la versione non informata di **MIN-CONFLICTS** avrebbe trovato una soluzione solo dopo un numero di passi superiore a 10000; assumendo quindi di utilizzare un valore di **MAX_STEPS** tale da permettere a entrambe le versioni dell'algoritmo di trovare una soluzione a tutti i problemi, si sarebbe registrato un aumento del numero di passi e del tempo di esecuzione medi

per **MIN-CONFLICTS** senza *constraint weighting*, rendendo ancora più significativa la riduzione ottenuta tramite l'impiego della suddetta euristica.

References

[1] S.J.Russel, P. Norvig, *Artificial Intelligence: A Modern Approach*, Pearson College Div, 4th ed. (2020)