2020

Risoluzione automatica del cruciverba

PROGETTO DI ESPERIENZE DI PROGRAMMAZIONE

DAVIDE COFFARO MATRICOLA 556603

DESCRIZIONE DEL PROBLEMA

Il problema di "Risoluzione automatica del cruciverba" è quello di riempire lo schema dato (con caselle bianche e caselle nere) con le parole disponibili, partendo da un'unica parola inserita nello schema.

Dato che le parole sono collegate tra loro, nel momento in cui inserisco una parola tra quelle disponibili nello schema, questo inserimento influirà sulla ricerca delle parole da inserire.

Potrebbe verificarsi che durante la ricerca delle parole non sia possibile proseguire perché all'interno di quelle caselle possono essere inserite più parole e questa situazione blocca il proseguimento della risoluzione del cruciverba.

Inoltre la lista di parole disponibili che servirà per completare il cruciverba potrebbe contenere parole in più che non sono necessarie al suo completamento, questo potrebbe bloccare il proseguimento della risoluzione del cruciverba oppure far sì che vengano inserite parole sbagliate all'interno dello schema del cruciverba, quindi è possibile prevedere una situazione in cui bisogna ripristinare una situazione precedente.

È possibile trovare un limite inferiore alla complessità del problema di "Risoluzione automatica del cruciverba" scomponendo il problema in sotto-problemi, che saranno:

con n=numero parole da completare dello schema
e m=lunghezza parola arrotondata alla parola più lunga per gestire il caso pessimo

- Cerca fra le parole disponibili da inserire -> L_ricerca(n)
- Confronta le lettere delle caselle con quella della parola disponibile corrente -> L_confronta(m)
- Inserire parole nello schema -> L_inserimento(n-1)

Ma per ricomporre i limiti ottenuti dovremmo stabilire la dipendenza funzionale, quindi scelgo banalmente la dimensione del cruciverba come limite inferiore e ottengo quindi che il problema di completare un cruciverba con le parole disponibili ha complessità $\Omega(n^2)$.

ALGORITMI PER RISOLVERE IL PROBLEMA

- Algoritmo1 – parto dallo schema, cerco la parola da inserire fino a completare il cruciverba
  PROCEDURA ALGORITMO1:
  1) Memorizzo tutte le parole di una certa lunghezza;
  2) Prendo la parola con più lettere già inserite e cerco se sono presenti parole congrue (scarto quelle con lettere errate) nella struttura dati contenente le parole da inserire
  3) Se è presente solo una parola da poter inserire la inserisco aggiornando le parole ad essa collegate e la cancello dalla struttura dati contenente le parole disponibili;
  4) se sono presenti altre parole memorizzate torno al punto 2);
  5) se il cruciverba non è ancora completo torno al punto1) cercando parole di un'altra lunghezza;
  6) se il cruciverba è stato completato stampo "Cruciverba completato"

  CONDIZIONI DI TERMINAZIONE:
  1) il cruciverba è stato completato;
  2) ho eseguito i passi da 1 a 5 un numero prefissato di volte -> il cruciverba non è stato completato

- Algoritmo2 – procedura simile all'algoritmo1 ma:
  1) Utilizzo di strutture dati per memorizzare parole della stessa lunghezza
  2) Quando inserisco la parola di una certa lunghezza nello schema, la elimino anche dalla struttura dati che la conteneva
  3) Quando tutte le strutture dati contenenti parole sono vuote, termino l'algoritmo

  Problemi relativi all'algoritmo2

  - Riempire la struttura dati delle parole all'inizio durante la creazione delle caselle
  - Memoria occupata dalla struttura dati delle parole

- Algoritmo4 (con AI) - utilizzo di algoritmi di intelligenza artificiale per cercare la soluzione in modo più efficiente, correggendo gli errori per cui gli altri algoritmi si bloccavano ad un certo punto non trovando altre parole da inserire nello schema del cruciverba. Con questo algoritmo (che sfruttano la strategia CSP – Constraints Satisfaction Problem) analizzo le parole che possono essere inserite nello schema e nel caso in cui arrivassi ad un punto in cui non è possibile inserire altre parole ma lo schema non è ancora completo, si possa tornare indietro e provare le parole alternative fino al completamento dello stesso.

PROCEDURA ALGORITMO4:
al momento della creazione dello schema inserisco tutte le parole in orizzontale o in verticale (non ancora completate) all'interno di una struttura dati contenente variabili; dopo analizzo i possibili valori che possono essere inseriti all'interno delle variabili inserendo anch'essi in una struttura dati collegata alle singole variabili, creando così tanti domini delle parole da inserire nello schema, uno per ogni variabile.

Passi di soluzione dell'algoritmo:
1) ricerca della variabile a cui assegnare un valore con strategia MRV (minimum remaining values) e grado maggiore a parità di MRV: MRV cioè analizzo i valori residui nel dominio di ogni variabile e prendo quelle che hanno il numero minore di valori; se sono presenti più variabili con lo stesso numero di valori nel dominio allora viene presa la variabile che vincola più variabili ad essa collegata (cioè prendo la variabile con lunghezza maggiore perché coinvolgerà un maggior numero di variabili ad essa collegata);
2) inserimento di un valore del dominio della variabile all'interno della variabile con strategia di scelta valore per la variabile attuale in ordine di come sono stati inseriti i valori nel dominio di quella variabile;
3) meccanismo di inferenza in cui vengono ridotti i domini delle variabili collegate a quella corrente e delle variabili con lo stesso numero di lettere, in caso di dominio di una variabile collegata o di dominio di una variabile con lo stesso numero di lettere vuoto e schema del cruciverba non ancora completo, significa che uno degli assegnamenti di valori alle variabili precedentemente effettuato non era corretto e bisogna fare dei passi all'indietro provando un altro valore (sfrutta il backtracking cronologico ed inserisce il valore successivo del dominio della stessa variabile) tornando al passo 2 se sono presenti altri valori per la variabile corrente, altrimenti ritorno il controllo alla funzione ricorsiva chiamante. Se invece i domini di variabilli collegate o di variabili con lo stesso numero di lettere non risultano vuoti vado al punto 4;
4) se tutti i passi precedenti sono andati a buon fine proseguo la ricerca sul sottoproblema in cui adesso ho assegnato un valore alla variabile su cui stavo lavorando.

CONDIZIONI DI TERMINAZIONE:
1) quando ho effettuato un numero di assegnamenti uguale al numero di variabili dello schema;
2) quando non esistono più variabili a cui assegnare un valore.

SCELTE IMPLEMENTATIVE

Nell'implementazione del cruciverba ho deciso di scomporre lo schema del cruciverba nelle parole e nelle caselle, all'interno delle parole ho la stringa della parola associata che uso per cercare la parola da inserire nello schema ma scompongo ulteriormente la parola nelle singole caselle in cui ho il carattere (vocale o consonante) ad esse collegate che vengono utilizzate nei confronti per trovare la parola successiva da inserire nello schema e anche per la stampa a video della casella. Per tutto questo utilizzo una struttura dati relativa allo schema per salvare i suoi dati attuali, quindi le parole e le caselle all'interno dello schema del cruciverba, oltre alle funzioni di aggiornamento schema, ricerca di una determinata casella o di un determinato tipo di parola o di una sua caratteristica particolare.

La struttura dati Schema contiene strutture dati di tipo array per le parole e le caselle che hanno questa complessità temporale (n è il numero di parole da inserire nello schema):
- inserimento, viene inserito il nuovo elemento in fondo all'array, complessità O(1);
- ricerca o modifica, conoscendo l'indice di un oggetto all'interno dell'array l'accesso ha complessità O(1), se l'elemento deve essere ricercato per confronti abbiamo al caso pessimo una complessità di O(n);
- non vengono fatte operazioni di cancellazione sulle parole e sulle caselle del cruciverba.

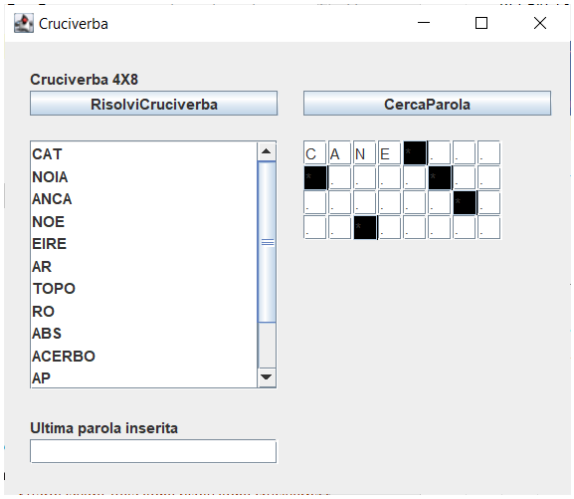
In più utilizzo una struttura dati dinamico di tipo array per memorizzare le parole che possono essere inserite all'interno dello schema; questa struttura dati ha le stesse caratteristiche di quella utilizzata per le parole e le caselle solo che per le cancellazioni si sfrutta prima l'operazione di ricerca di un elemento e poi si effettua la cancellazione, quindi al caso pessimo in cui l'elemento cercato è in fondo all'array abbiamo una complessità O(m) con m numero di parole che possono essere inserite nello schema.

Dato che il numero di parole dello schema n è inferiore o uguale a m numero di parole che possono essere inserite, allora dico che n=O(m) quindi pongo m come limite superiore ad n, quindi al più avrò complessità O(m) nelle operazioni di ricerca relativo alle strutture dati array delle parole e delle caselle dello schema.

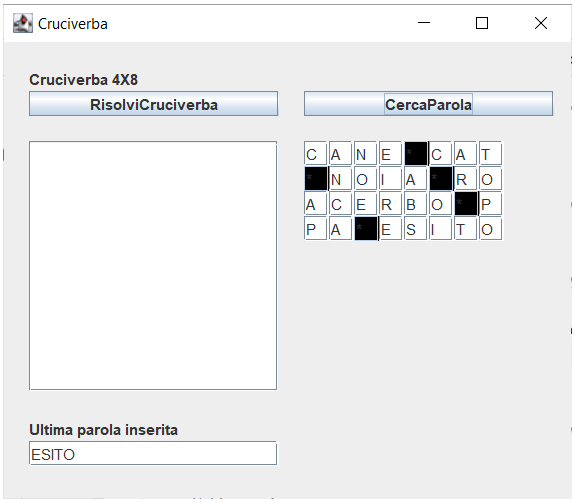
RISULTATI OTTENUTI

Questi sono gli esempi provati suddivisi per i 3 algoritmi implementati:

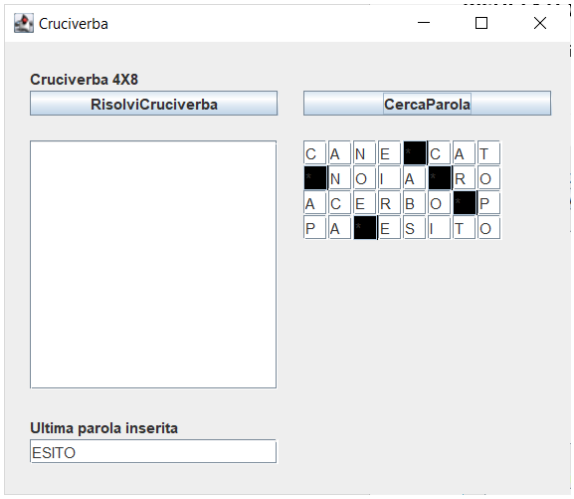
Esempio1: all'apertura del programma



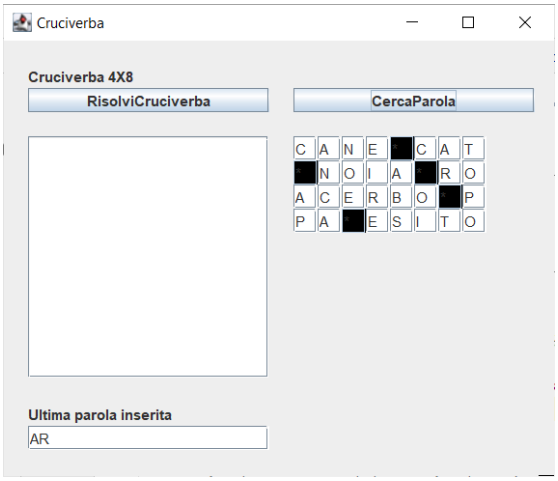
Dopo esecuzione algoritmo2



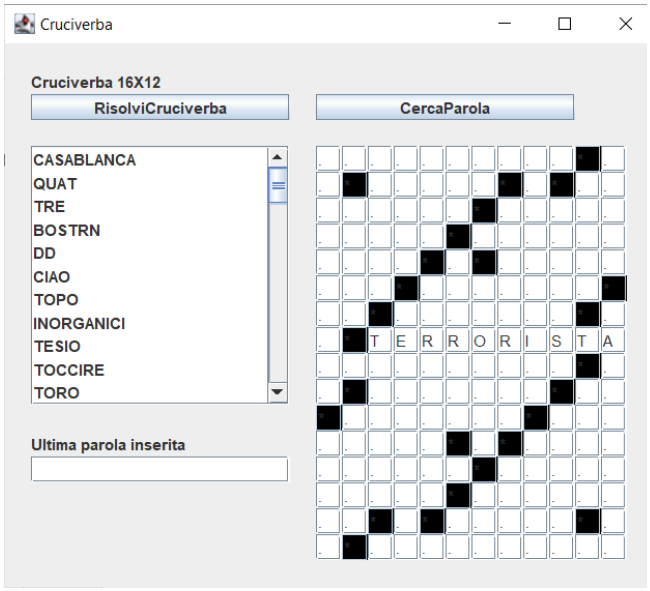
Dopo esecuzione algoritmo1



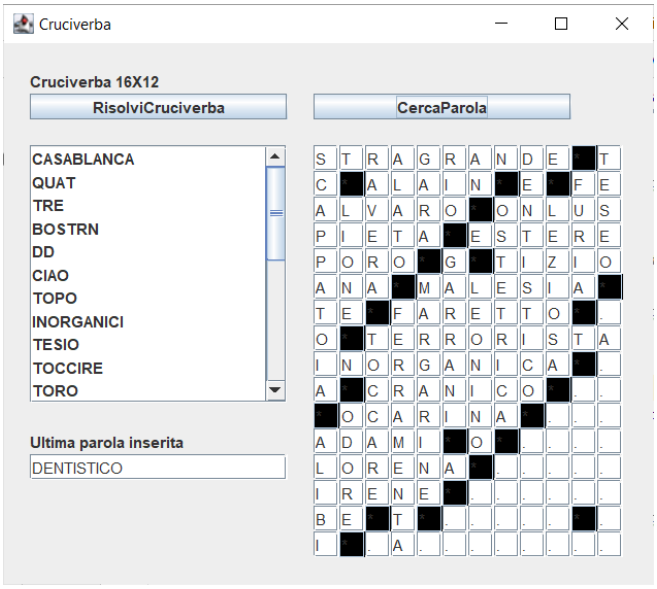
Dopo esecuzione algoritmo4_AI



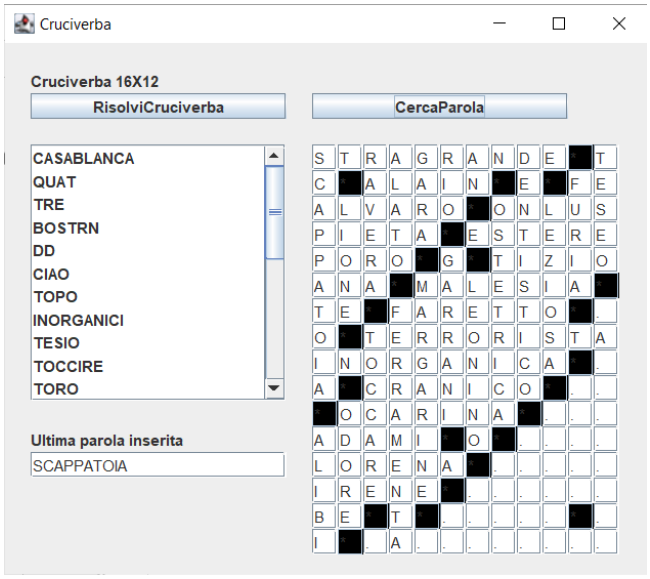
Esempio2: all'apertura del programma



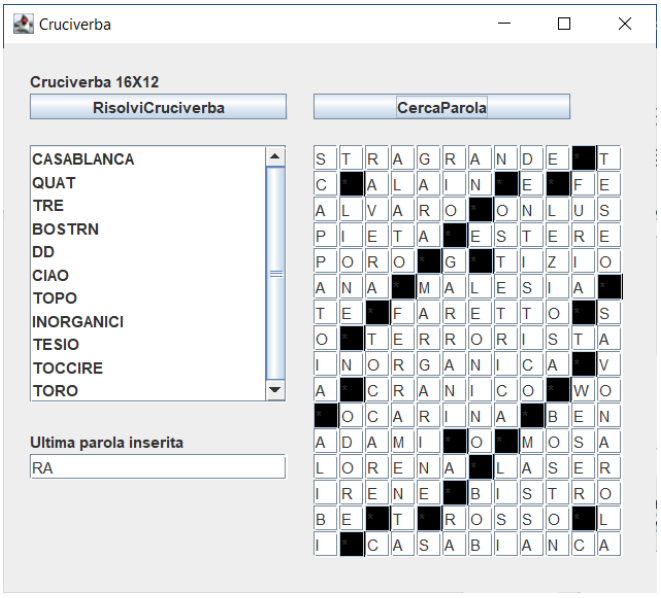
Dopo esecuzione algoritmo2



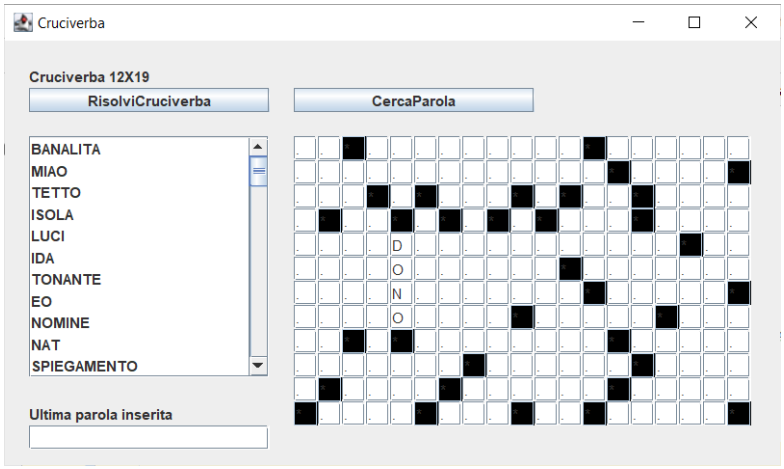
Dopo esecuzione algoritmo1



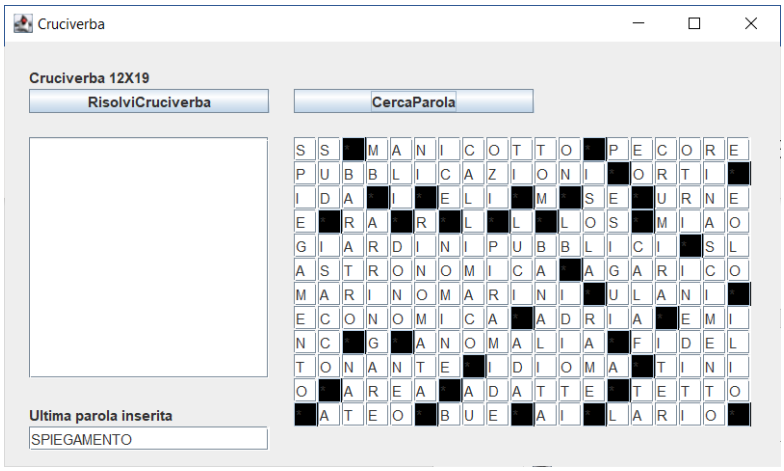
Dopo esecuzione algoritmo4_AI



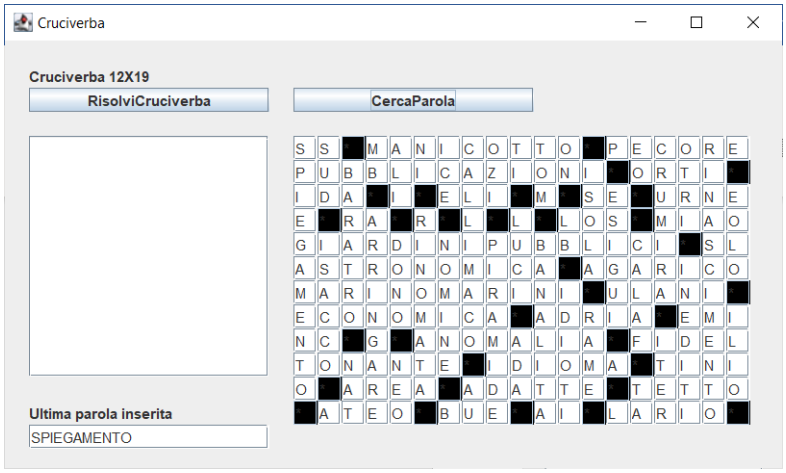
Esempio3: all'apertura del programma



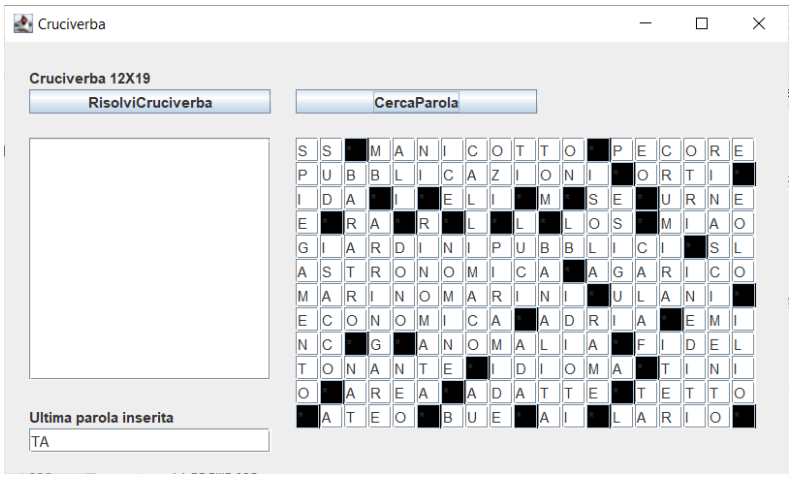
Dopo esecuzione algoritmo1



Dopo esecuzione algoritmo2



Dopo esecuzione algoritmo4_AI



Come possiamo notare dall'esempio 2 l'algoritmo1 e l'algoritmo2 non trovano sempre la soluzione, ma in alcuni casi in cui è possibile inserire più parole nelle stesse caselle non possono continuare la loro risoluzione. Questo problema non è invece presente nell'algoritmo4_AI in cui se si verifica la precedente situazione l'algoritmo prova prima ad inserire una parola e continua la sua risoluzione, se in un certo momento non riesce ad inserire altre parole ma il cruciverba non è stato ancora completato allora effettua il "backtracking" per cui elimina i valori inseriti dopo aver avuto il blocco, prova ad inserire un altro valore nella casella precedentemente riempita e effettua questa procedura fino al completamento dello schema.

COMPLESSITA' algoritmo1:
analizzando l'algoritmo si può notare che ci sono vari cicli annidati necessari per poter completare lo schema e possono dipendere da:
- cicliMax indicati con n, i cicli massimi superati i quali l'algoritmo termina determinando il completamento o non dello schema;
- lunghezzaMax indicati con L, la lunghezza massima possibile per le parole dello schema, per il momento impostata a priori dal programma;
- parole schema e parole disponibili entrambi indicati con m, che indicano il numero delle parole dello schema e quelle della lista di parole da inserire.
Per approssimare al caso peggiore imposto sia L=O(n) che m=O(n), quindi sia L che m sono dell'ordine di grandezza di n, numero molto alto rispetto agli altri input e trovo che la complessità dell'algoritmo1 è O(n^5) al caso pessimo.

COMPLESSITA' algoritmo2:
Anche per questo algoritmo ho diversi cicli annidati e al caso peggiore l'algoritmo ha complessità O(n^5) così come l'algoritmo1, quindi anche con l'utilizzo di liste con all'interno le parole ancora da completare invece di dover controllare una lista in cui ho le informazioni sul completamento delle parole di una certa lunghezza e poi eventualmente creare la lista delle parole di quella lunghezza e lavorarci, non migliora la complessità dell'algoritmo.

COMPLESSITA' algoritmo4 con AI:
considerato che viene fatta una chiamata ricorsiva per ogni variabile all'interno dello schema del cruciverba avremo una complessità esponenziale. Questo è dovuto dal fatto che la struttura del grafo dei vincoli derivante dall'implementazione dell'algoritmo CSP è complessa e potrebbe essere ridotta andando ad utilizzare delle tecniche di riduzione del grafo iniziale dei vincoli verso una struttura ad albero risolvibile con complessità minore (tree structured, cutset conditioning e tree decomposition).

Per ogni chiamata a BACKTRACK ho:

1) n*c operazioni per selectUnassignedVariable
2) ciclo di d iterazioni = d*c operazioni per scorrere valori presi da orderDomainValues
3) 4*n*c operazioni per inference
4) Chiamata ricorsiva backtrack con n-1 variabili

Complessità algoritmo4_AI -> T(n) = n*c + d*c*(4*n*c+T(n-1)) per n>0
= 0 per n=0

E dovendo fare n chiamate ricorsive risolvo l'albero di ricorsione che avrà altezza n e in cui ogni nodo avrà costo j*c+d*c*j con j=numero variabili ancora da assegnare

Complessità algoritmo4_AI = O (c+c*sommatoria per i=1..n di (d^i)) = O(d^n)

Quindi l’algoritmo1 e l’algoritmo2 sarebbero migliori perché hanno una complessità polinomiale al caso pessimo mentre l’algoritmo4_AI ha complessità esponenziale sempre al caso pessimo, l’unico problema è che l’algoritmo1 e 2 non sono completi, cioè non riescono sempre a trovare una soluzione anche se questa è presente. L’algoritmo4_AI è completo, quindi se è presente una soluzione riesce a trovarla in tempo esponenziale, ma non è ottimo perché la soluzione trovata potrebbe non essere quella meno costosa da trovare nell’albero di ricerca delle soluzioni al problema.

APPENDICE: codice

Classe InterfacciaCruciverba:

```
package com.cruciverbapackage;

//Coffaro_Davide_mat556603_Progetto ESP cruciverba

import org.junit.rules.Stopwatch;

import javax.swing.*;
import java.awt.*;
import java.awt.event.ActionEvent;
import java.awt.event.ActionListener;
import java.awt.image.ImageObserver;
import java.text.AttributedCharacterIterator;
import java.util.ArrayList;
import java.lang.Object;

public class InterfacciaCruciverba {
    private JPanel panelMain;
    private JPanel panelListaParole;
    private JLabel labelCruciverba;
    private JButton buttonRisolviCruciverba;
    private JButton buttonCercaParola;
    private JList listListaParole;
    private JScrollPane scrollPaneListaParole;
    private JLabel labelParolaInserita;
    private JTextField textFieldParolaInserita;
    private static ImplementazioneCruciverba cruciverba1;
    private static int dimensioneFinestraMinima=500;
    private long startTime=0;
    private long stopTime=0;
    private long totalTime=0;

    //inizializzazione della matrici che faranno da base dello schema del cruciverba per i 3 esempi creati
    /*//esempio1
    private static char[][] matrice = {{'.', '.', '.', '.', '*', '.', '.', '.'},
                                       {'*', '.', '.', '.', '.', '*', '.', '.'},
                                       {'.', '.', '.', '.', '.', '.', '*', '.'},
                                       {'.', '.', '*', '.', '.', '.', '.', '.'}};
*/

    /*//esempio2
    private static char[][] matrice = {{'.', '.', '.', '.', '.', '.', '.', '.', '.', '.', '*', '.'},
                                       {'.', '*', '.', '.', '.', '.', '.', '*', '.', '*', '.', '.'},
                                       {'.', '.', '.', '.', '.', '.', '*', '.', '.', '.', '.', '.'},
                                       {'.', '.', '.', '.', '.', '*', '.', '.', '.', '.', '.', '.'},
                                       {'.', '.', '.', '.', '*', '.', '*', '.', '.', '.', '.', '.'},
                                       {'.', '.', '.', '*', '.', '.', '.', '.', '.', '.', '.', '*'},
                                       {'.', '.', '*', '.', '.', '.', '.', '.', '.', '.', '*', '.'},
                                       {'.', '*', '.', '.', '.', '.', '.', '.', '.', '.', '.', '.'},
                                       {'.', '.', '.', '.', '.', '.', '.', '.', '.', '.', '*', '.'},
                                       {'.', '*', '.', '.', '.', '.', '.', '.', '.', '*', '.', '.'},
                                       {'*', '.', '.', '.', '.', '.', '.', '.', '*', '.', '.', '.'},
                                       {'.', '.', '.', '.', '.', '.', '*', '.', '.', '.', '.', '.'},
                                       {'.', '.', '.', '.', '.', '.', '.', '*', '.', '.', '.', '.'},
                                       {'.', '.', '.', '.', '.', '*', '.', '.', '.', '.', '.', '.'},
                                       {'.', '.', '*', '.', '*', '.', '.', '.', '.', '.', '*', '.'},
                                       {'.', '*', '.', '.', '.', '.', '.', '.', '.', '.', '.', '.'}};
*/

    //esempio3
    private static char[][] matrice = {{'.','.','*','.','.','.','.','.','.','.','.','.','.','.','*','.','.','.','.','.','.'},
                                       {'.','.','.','.','.','.','.','.','.','.','.','.','.','.','.','.','.','*','.','.','*'},
                                       {'.','.','.','.','*','.','.','*','.','.','.','.','*','.','.','*','.','.','.','.','.'},
                                       {'.','*','.','.','.','*','.','.','*','.','.','*','.','.','.','.','.','*','.','.','.'},
                                       {'.','.','.','.','.','.','.','.','.','.','.','.','.','.','.','.','.','.','*','.','.'},
                                       {'.','.','.','.','.','.','.','.','.','.','.','.','.','*','.','.','.','.','.','.','.'},
                                       {'.','.','.','.','.','.','.','.','.','.','.','.','.','.','.','*','.','.','.','.','*'},
                                       {'.','.','.','.','.','.','.','.','.','.','.','*','.','.','.','.','.','.','*','.','.'},
                                       {'.','.','*','.','.','*','.','.','.','.','.','.','.','.','.','*','.','.','.','.','.'},
                                       {'.','.','.','.','.','.','.','.','.','.','.','.','.','.','*','.','.','.','.','.','.'},
                                       {'.','.','.','.','.','.','.','.','.','*','.','.','.','.','.','.','.','*','.','.','.'},
                                       {'.','*','.','.','.','.','.','.','*','.','.','.','.','.','.','.','*','.','.','.','.'},
                                       {'*','.','.','.','.','.','*','.','.','.','*','.','.','*','.','.','.','.','.','.','*'}};


        private ArrayList<JTextField> text;
    private static ArrayList<String> dizionarioInput;

    public InterfacciaCruciverba() {
        createUIComponents();
        buttonRisolviCruciverba.addActionListener(new ActionListener() {
            @Override
            public void actionPerformed(ActionEvent e) {
                startTime=System.currentTimeMillis();

                //lancia procedura di risoluzione cruciverba e ritornando se è stata trovata la soluzione o meno, stampando un messaggio a
video
                if (cruciverba1.risolviCruciverba()) {
                    listListaParole.setListData(cruciverba1.dizionario.toArray());
                    stopTime=System.currentTimeMillis();
                    totalTime=stopTime-startTime;
                    JOptionPane.showMessageDialog(null, "Cruciverba completato in " + totalTime, "Risultato cruciverba",
```

```
JOptionPane.INFORMATION_MESSAGE);
                } else {
                    listListaParole.setListData(cruciverba1.dizionario.toArray());
                    JOptionPane.showMessageDialog(null, "Cruciverba non completato", "Risultato cruciverba", JOptionPane.ERROR_MESSAGE);
                }

            }
        });
        buttonCercaParola.addActionListener(new ActionListener() {
            @Override
            public void actionPerformed(ActionEvent e) {

                //lancia procedura inserisci1Parola per cui esegue un passo dell'algoritmo e inserisce la parola trovata, se non trova nessuna
                // parola controlla il risultato del cruciverba
                String parolaInserita=cruciverba1.inserisci1Parola();
                if (parolaInserita==null) {
                    listListaParole.setListData(cruciverba1.dizionario.toArray());
                    stopTime=System.currentTimeMillis();
                    totalTime=stopTime-startTime;
                    if (cruciverba1.isAlgResult()) {
                        JOptionPane.showMessageDialog(null, "Cruciverba completato in " + totalTime, "Risultato cruciverba",
JOptionPane.INFORMATION_MESSAGE);
                    }else{
                        JOptionPane.showMessageDialog(null, "Cruciverba non completato", "Risultato cruciverba", JOptionPane.ERROR_MESSAGE);

                    }
                } else {
                    textFieldParolaInserita.setText(parolaInserita);
                    listListaParole.setListData(cruciverba1.dizionario.toArray());
                    //JOptionPane.showMessageDialog(null, "Cruciverba non completato", "Risultato cruciverba", JOptionPane.ERROR_MESSAGE);
                }

            }
        });
    }

    public static void main(String[] args) {
        JFrame frame = new JFrame("Cruciverba");
        InterfacciaCruciverba window = new InterfacciaCruciverba();

        frame.setContentPane(window.panelMain);
        frame.setDefaultCloseOperation(JFrame.EXIT_ON_CLOSE);
        frame.pack();

        //imposto la dimensione della finestra a seconda del numero di righe e di colonne del cruciverba, se sono troppo basse imposto una
        //dimensione minima
        int dimensioneFinestra=20*(matrice.length+matrice[0].length)+100;
        if (dimensioneFinestra<dimensioneFinestraMinima){
            frame.setSize(dimensioneFinestraMinima, dimensioneFinestraMinima);
        }else{
            frame.setSize(dimensioneFinestra, dimensioneFinestra);
        }
        frame.setVisible(true);

        //creo lista di parole che potranno essere inserite nello schema del cruciverba per i 3 esempi creati
        /*//esempio1
        dizionarioInput = new ArrayList<String>();
        dizionarioInput.add("CAT");
        dizionarioInput.add("NOIA");
        dizionarioInput.add("ANCA");
        dizionarioInput.add("NOE");
        dizionarioInput.add("EIRE");
        dizionarioInput.add("AR");
        dizionarioInput.add("TOPO");
        dizionarioInput.add("RO");
        dizionarioInput.add("ABS");
        dizionarioInput.add("ACERBO");
        dizionarioInput.add("AP");
        dizionarioInput.add("OI");
        dizionarioInput.add("PA");
        dizionarioInput.add("ESITO");
*/

        /*//esempio2
        dizionarioInput = new ArrayList<String>();
        //per prova parole in più nella lista da inserire
        dizionarioInput.add("CASABLANCA");
        dizionarioInput.add("QUAT");
        dizionarioInput.add("TRE");
        dizionarioInput.add("BOSTRN");
        dizionarioInput.add("DD");
        dizionarioInput.add("CIAO");
        dizionarioInput.add("TOPO");
        dizionarioInput.add("INORGANICI");
        dizionarioInput.add("TESIO");
        dizionarioInput.add("TOCCIRE");
        dizionarioInput.add("TORO");



        dizionarioInput.add("STRAGRANDE");
        dizionarioInput.add("TESEO");
        dizionarioInput.add("CASABIANCA");
        dizionarioInput.add("ALAIN");
        dizionarioInput.add("FE");
        dizionarioInput.add("FURIA");
```

```
        dizionarioInput.add("ROSSO");
        dizionarioInput.add("ALVARO");
        dizionarioInput.add("ONLUS");
        dizionarioInput.add("LEZIOSA");
        dizionarioInput.add("BISTRO");
        dizionarioInput.add("PIETA");
        dizionarioInput.add("ESTERE");
        dizionarioInput.add("DENTISTICO");
        dizionarioInput.add("LASER");
        dizionarioInput.add("PORO");
        dizionarioInput.add("TIZIO");
        dizionarioInput.add("OSTETRICA");
        dizionarioInput.add("MOSA");
        dizionarioInput.add("ANA");
        dizionarioInput.add("MALESIA");
        dizionarioInput.add("AN");
        dizionarioInput.add("LEONINO");
        dizionarioInput.add("BEN");
        dizionarioInput.add("TE");
        dizionarioInput.add("FARETTO");
        dizionarioInput.add("RIO");
        dizionarioInput.add("GARRANI");
        dizionarioInput.add("WO");
        dizionarioInput.add("LISI");
        dizionarioInput.add("GARA");
        dizionarioInput.add("MARGARINE");
        dizionarioInput.add("INORGANICA");
        dizionarioInput.add("ALATO");
        dizionarioInput.add("FERRAMENTA");
        dizionarioInput.add("CRANICO");
        dizionarioInput.add("RA");
        dizionarioInput.add("RAVERA");
        dizionarioInput.add("TOCCARE");
        dizionarioInput.add("OCARINA");
        dizionarioInput.add("BOB");
        dizionarioInput.add("LIONE");
        dizionarioInput.add("ODORE");
        dizionarioInput.add("ADAMI");
        dizionarioInput.add("SCAPPATOIA");
        dizionarioInput.add("ALIBI");
        dizionarioInput.add("LORENA");
        dizionarioInput.add("MASSA");
        dizionarioInput.add("SAVONAROLA");
        dizionarioInput.add("IRENE");
        dizionarioInput.add("WESER");
        dizionarioInput.add("BOSTON");
        dizionarioInput.add("BE");
*/


        //esempio3
        dizionarioInput = new ArrayList<String>();
        dizionarioInput.add("BANALITA");
        dizionarioInput.add("MIAO");
        dizionarioInput.add("TETTO");
        dizionarioInput.add("ISOLA");
        dizionarioInput.add("LUCI");
        dizionarioInput.add("IDA");
        dizionarioInput.add("TONANTE");
        dizionarioInput.add("EO");
        dizionarioInput.add("NOMINE");
        dizionarioInput.add("NAT");
        dizionarioInput.add("SPIEGAMENTO");
        dizionarioInput.add("TA");
        dizionarioInput.add("OTRI");
        dizionarioInput.add("ADATTE");
        dizionarioInput.add("EOLO");
        dizionarioInput.add("AGARICO");
        dizionarioInput.add("IDIOMA");
        dizionarioInput.add("PECORE");
        dizionarioInput.add("GIARDINIPUBBLICI");
        dizionarioInput.add("ESIGUI");
        dizionarioInput.add("AI");
        dizionarioInput.add("ELI");
        dizionarioInput.add("MANICOTTO");
        dizionarioInput.add("ITER");
        dizionarioInput.add("ARRINGARE");
        dizionarioInput.add("TI");
        dizionarioInput.add("MARINOMARINI");
        dizionarioInput.add("FIDEL");
        dizionarioInput.add("INEDITI");
        dizionarioInput.add("TOM");
        dizionarioInput.add("NI");
        dizionarioInput.add("BARATRO");
        dizionarioInput.add("LARIO");
        dizionarioInput.add("ULANI");
        dizionarioInput.add("ATEO");
        dizionarioInput.add("ON");
        dizionarioInput.add("CALLIMACO");
        dizionarioInput.add("NEO");
        dizionarioInput.add("ISACCO");
        dizionarioInput.add("TINI");
        dizionarioInput.add("RINASCIMENTO");
        dizionarioInput.add("LB");
        dizionarioInput.add("ADRIA");
```

```
        dizionarioInput.add("SL");
        dizionarioInput.add("NC");
        dizionarioInput.add("PIRAMIDE");
        dizionarioInput.add("ALI");
        dizionarioInput.add("ADA");
        dizionarioInput.add("ILIO");
        dizionarioInput.add("AU");
        dizionarioInput.add("ECONOMICA");
        dizionarioInput.add("ICE");
        dizionarioInput.add("SUD");
        dizionarioInput.add("AREA");
        dizionarioInput.add("RAME");
        dizionarioInput.add("MB");
        dizionarioInput.add("CALAF");
        dizionarioInput.add("BUE");
        dizionarioInput.add("EMI");
        dizionarioInput.add("ASTRONOMICA");
        dizionarioInput.add("CRUMIRA");
        dizionarioInput.add("OZI");
        dizionarioInput.add("RINOMATA");
        dizionarioInput.add("ANOMALIA");
        dizionarioInput.add("IDIOTI");
        dizionarioInput.add("LOS");
        dizionarioInput.add("SS");
        dizionarioInput.add("URNE");
        dizionarioInput.add("ORTI");
        dizionarioInput.add("RA");
        dizionarioInput.add("PUBBLICAZIONI");
        dizionarioInput.add("SE");




        //window.createUIComponents();
        window.open();
        frame.setContentPane(window.panelMain);

    }

    public void open() {

        //creazione cruciverba per l'utilizzo di funzioni dell'algoritmo1 per i 3 esempi creati
        /*//esempio1
        cruciverba1 = new ImplAlg1Cruciverba(panelMain, matrice, "CANE", 0, 0, dizionarioInput,'O');
*/

        /*//esempio2
        cruciverba1=new ImplAlg1Cruciverba(panelMain,matrice,"TERRORISTA",7,2,dizionarioInput,'O');
*/

         /*//esempio3
        cruciverba1=new ImplAlg1Cruciverba(panelMain,matrice,"DONO",4,4,dizionarioInput,'V');
        */

        //creazione cruciverba per l'utilizzo di funzioni dell'algoritmo2 per i 3 esempi creati
        /*//esempio1
        cruciverba1 = new ImplAlg2Cruciverba(panelMain, matrice, "CANE", 0, 0, dizionarioInput,'O');
        */

        /*//esempio2
        cruciverba1=new ImplAlg2Cruciverba(panelMain,matrice,"TERRORISTA",7,2,dizionarioInput,'O');
*/

         /*//esempio3
        cruciverba1=new ImplAlg2Cruciverba(panelMain,matrice,"DONO",4,4,dizionarioInput,'V');
        */

        //creazione cruciverba per l'utilizzo di funzioni dell'algoritmo4 per i 3 esempi creati
        /*//esempio1
        cruciverba1=new ImplAlg4Cruciverba_AI(panelMain,matrice,"CANE",0,0, dizionarioInput,'O');
        */

        /*//esempio2
        cruciverba1 = new ImplAlg4Cruciverba_AI(panelMain,matrice, "TERRORISTA", 7, 2, dizionarioInput,'O');
*/

        //esempio3
        cruciverba1= new ImplAlg4Cruciverba_AI(panelMain, matrice, "DONO",4,4,dizionarioInput, 'V');

        listListaParole.setListData(dizionarioInput.toArray());

    }


    private void createUIComponents() {
        // creo tutti gli elementi grafici dell'interfaccia utente per il cruciverba escluse tutte le caselle bianche e nere che creo in futuro
        panelMain = new JPanel();
        GroupLayout layoutGUI = new GroupLayout(panelMain);
        panelMain.setLayout(layoutGUI);
        layoutGUI.setAutoCreateGaps(true);
        layoutGUI.setAutoCreateContainerGaps(true);

        labelCruciverba = new JLabel("Cruciverba " + matrice.length + "X" + matrice[0].length);
        labelCruciverba.setBounds(20, 20, 400, 20);

```

```
        buttonRisolviCruciverba = new JButton("RisolviCruciverba");
        buttonRisolviCruciverba.setBounds(20, 40, 200, 20);
        buttonCercaParola = new JButton("CercaParola");
        buttonCercaParola.setBounds(240, 40, 200, 20);

        listListaParole=new JList();
        listListaParole.setBounds(20, 80, 200,200);

        scrollPaneListaParole = new JScrollPane(listListaParole);
        scrollPaneListaParole.setPreferredSize(new Dimension(300,200));
        scrollPaneListaParole.setBounds(20,80,800,800);

        panelListaParole = new JPanel();
        BorderLayout groupLayoutListaParole = new BorderLayout();
        panelListaParole.setLayout(groupLayoutListaParole);
        panelListaParole.add(scrollPaneListaParole);
        panelListaParole.setBounds(20,80,200,200);

        labelParolaInserita = new JLabel("Ultima parola inserita");
        labelParolaInserita.setBounds(20, 300, 400, 20);

        textFieldParolaInserita=new JTextField();
        textFieldParolaInserita.setSize(200, 20);
        textFieldParolaInserita.setLocation(20,  320);


        panelMain.add(labelCruciverba);
        panelMain.add(buttonRisolviCruciverba);
        panelMain.add(buttonCercaParola);
        panelMain.add(panelListaParole);
        panelMain.add(labelParolaInserita);
        panelMain.add(textFieldParolaInserita);
        panelMain.revalidate();

    }
}
```

Classe Schema:

```java
package com.cruciverbapackage;

//Coffaro_Davide_mat556603_Progetto ESP cruciverba

import javax.swing.*;
import java.util.ArrayList;

public class Schema {
    private ArrayList<Parola> paroleSchema;
    private ArrayList<Casella> caselleSchema;


    //costruttore che prende la matrice in ingresso e crea lo schema aggiungendo la prima parola
    public Schema(JPanel panel, char matrice[][], String parolaIniziale, Posizione posizioneParolaIniziale, char orientamentoInput) {
        //inizializzazione variabili classe
        paroleSchema = new ArrayList<Parola>();
        caselleSchema = new ArrayList<Casella>();
        ArrayList<Casella> caselleParola = new ArrayList<Casella>();
        Casella casellaAttuale;
        StringBuilder creazioneParola = new StringBuilder();
        Posizione posizioneIniziale = new Posizione();
        Posizione posizioneAttuale = new Posizione();
        Parola parolaCreata;
        int lunghezzaParola = 0;
        char carattere = '.';
        char casellaNera = '*';
        boolean primaLettera = true;

        //ricerca parole orizzontali
        for (int i = 0; i < matrice.length; i++) {
            for (int j = 0; j < matrice[0].length; j++) {
                //inizializzazione posizione casella
                posizioneAttuale.setRiga(i);
                posizioneAttuale.setColonna(j);

                //ricerca della prima lettera della parola che verrà inserita nello schema
                if (matrice[i][j] == carattere && primaLettera) {
                    creazioneParola.append(' ');
                    primaLettera = false;
                    posizioneIniziale.setRiga(i);
                    posizioneIniziale.setColonna(j);
                    lunghezzaParola++;

                    //inizializzazione casella
                    casellaAttuale = new Casella(panel, posizioneAttuale, matrice[i][j], false);

                    caselleSchema.add(casellaAttuale);
                    caselleParola.add(casellaAttuale);
                } else if (matrice[i][j] == carattere && (!primaLettera)) { //ricerca lettere successive della parola che verrà inserita nello schema
                    creazioneParola.append(' ');
                    lunghezzaParola++;

                    //inizializzazione casella
                    casellaAttuale = new Casella(panel, posizioneAttuale, matrice[i][j], false);

                    caselleSchema.add(casellaAttuale);
                    caselleParola.add(casellaAttuale);
                } else if (matrice[i][j] == casellaNera) {  //ricerca delle caselle nere dello schema
                    if (lunghezzaParola >= 2) {  //lunghezza minima di una parola raggiunta, la inserisco nello schema così come la casella nera e ripristino i valori iniziali
                        caselleSchema.add(new Casella(panel, posizioneAttuale, matrice[i][j], true));
                        parolaCreata = new Parola(creazioneParola.toString(), posizioneIniziale, 'O', lunghezzaParola, caselleParola);
                        paroleSchema.add(parolaCreata);
                        creazioneParola = new StringBuilder();
                        posizioneIniziale.ripristinaPosizione();
                        lunghezzaParola = 0;
                        primaLettera = true;
                        caselleParola = new ArrayList<Casella>();
                    } else { // lunghezza minima di una parola non raggiunta, inserisco solo la casella nera e ripristino i valori iniziali
                        caselleSchema.add(new Casella(panel, posizioneAttuale, matrice[i][j], true));
                        creazioneParola = new StringBuilder();
                        posizioneIniziale.ripristinaPosizione();
                        lunghezzaParola = 0;
                        primaLettera = true;
                        caselleParola = new ArrayList<Casella>();
                    }

                }
            }
            if (lunghezzaParola >= 2) {  //raggiunta la fine della riga, inserisco la parola nello schema se ha la lunghezza minima altrimenti no
                parolaCreata = new Parola(creazioneParola.toString(), posizioneIniziale, 'O', lunghezzaParola, caselleParola);
                paroleSchema.add(parolaCreata);
                creazioneParola = new StringBuilder();
```

```
                posizioneIniziale.ripristinaPosizione();
                lunghezzaParola = 0;
                primaLettera = true;
                caselleParola = new ArrayList<Casella>();
            } else {
                creazioneParola = new StringBuilder();
                posizioneIniziale.ripristinaPosizione();
                lunghezzaParola = 0;
                primaLettera = true;
                caselleParola = new ArrayList<Casella>();
            }
        }

        //ricerca parole verticali, stessa procedura di quelle orizzontali con l'aggiunta del controllo per le caselle già presenti
        for (int j = 0; j < matrice[0].length; j++) {
            for (int i = 0; i < matrice.length; i++) {
                //ricerca della prima lettera della parola che verrà inserita nello schema
                if (matrice[i][j] == carattere && primaLettera) {
                    creazioneParola.append(' ');
                    primaLettera = false;
                    posizioneIniziale.setRiga(i);
                    posizioneIniziale.setColonna(j);
                    lunghezzaParola++;

                    //cerco la casella già esistente relativa alla riga i, colonna j per poi inserirla nella parola ed averla
                    // collegata alle caselle dello schema, così come alle parole in orizzontale
                    cercaCasella(caselleParola, i, j);

                } else if (matrice[i][j] == carattere && (!primaLettera)) {
                    creazioneParola.append(' ');
                    lunghezzaParola++;
                    cercaCasella(caselleParola, i, j);
                } else if (matrice[i][j] == casellaNera) {
                    if (lunghezzaParola >= 2) {
                        parolaCreata = new Parola(creazioneParola.toString(), posizioneIniziale, 'V', lunghezzaParola, caselleParola);
                        paroleSchema.add(parolaCreata);
                        creazioneParola = new StringBuilder();
                        posizioneIniziale.ripristinaPosizione();
                        lunghezzaParola = 0;
                        primaLettera = true;
                        caselleParola = new ArrayList<Casella>();
                    } else {
                        creazioneParola = new StringBuilder();
                        posizioneIniziale.ripristinaPosizione();
                        lunghezzaParola = 0;
                        primaLettera = true;
                        caselleParola = new ArrayList<Casella>();
                    }
                }
            }
            if (lunghezzaParola >= 2) {
                parolaCreata = new Parola(creazioneParola.toString(), posizioneIniziale, 'V', lunghezzaParola, caselleParola);
                paroleSchema.add(parolaCreata);
                creazioneParola = new StringBuilder();
                posizioneIniziale.ripristinaPosizione();
                lunghezzaParola = 0;
                primaLettera = true;
                caselleParola = new ArrayList<Casella>();
            } else {
                creazioneParola = new StringBuilder();
                posizioneIniziale.ripristinaPosizione();
                lunghezzaParola = 0;
                primaLettera = true;
                caselleParola = new ArrayList<Casella>();
            }
        }
        //aggiorna schema con la prima parola iniziale data in input
        aggiornaSchema(parolaIniziale, posizioneParolaIniziale, orientamentoInput);
    }

    //metodo costruttore schema a partire da uno schema già esistente
    public Schema(Schema s){
        this.paroleSchema=s.getParoleSchema();
        this.caselleSchema=s.getCaselleSchema();
    }

    public ArrayList<Parola> getParoleSchema() { return new ArrayList<Parola>(paroleSchema); }

    public ArrayList<Casella> getCaselleSchema(){ return new ArrayList<Casella>(caselleSchema); }

    // inserisce la parola in input nella parola dello schema con la stessa posizione e orientamento
    public void aggiornaSchema(String parola, Posizione posizioneParola, char orientamentoInput) {
        Parola p = new Parola(parola, posizioneParola, orientamentoInput, parola.length());
        for (Parola parolaSchema : paroleSchema) {
            if (parolaSchema.confrontaCaselle(p)) {
                parolaSchema.setParola(parola);
                parolaSchema.setLunghezza(parola.length());
                parolaSchema.aggiornaCaselleParola();
```

```
                //paroleSchema.set(paroleSchema.indexOf(parolaSchema), p);
                break;
            }
        }

        //dopo aver aggiornato una parola dello schema devo fare in modo di aggiornare le parole dello schema che hanno lettere collegate
        // alla parola appena aggiornata
        for(Parola parolaSchema : paroleSchema){
            parolaSchema.aggiornaParola();
        }

    }

    //cerca all'interno delle caselle dello schema e se già presente una casella con posizione riga, colonna allora la
    // assegna alle caselleParola senza creare una nuova casella apposita
    public void cercaCasella(ArrayList<Casella> caselleParola, int riga, int colonna) {
        for (Casella c : caselleSchema) {
            if (c.confrontaPosizione(riga, colonna)) {
                caselleParola.add(c);
            }
        }
    }

    //cerca le parole dello schema di lunghezza n non ancora completate
    public ArrayList<Parola> ricercaLunghezzaParole(int n){
        ArrayList<Parola> paroleLunghezzaN = new ArrayList<Parola>();
        for (Parola p : paroleSchema){
            int lunghezzaParola=p.getLunghezza();
            int lettereInserite=p.getLettereInserite();
            if (lunghezzaParola==n && lettereInserite<lunghezzaParola){
                paroleLunghezzaN.add(p);
            }
        }
        return paroleLunghezzaN;
    }

    //cerca la lunghezza massima tra le parole dello schema
    public int cercaLunghezzaParolaMax(){
        int lunghezzaMax=0;
        for (Parola p : paroleSchema){
            int lunghezzaCorrente=p.getLunghezza();
            if (lunghezzaCorrente > lunghezzaMax){
                lunghezzaMax=lunghezzaCorrente;
            }
        }
        return lunghezzaMax;
    }

}
```

Classe Parola:

```java
package com.cruciverbapackage;

//Coffaro_Davide_mat556603_Progetto ESP cruciverba

import javax.swing.*;
import java.util.ArrayList;

public class Parola {
    private String parola;
    private ArrayList<Casella> caselleParola;
    private Posizione posizioneParola;
    private int lunghezza;
    private int lettereInserite;
    private char orientamento;

    //metodo costruttore crea una parola con le relative informazioni, senza caselleParola collegate
    public Parola(String parola, Posizione posizioneIniziale, char orientamento, int lunghezza) {
        try {
            //controllo parola
            if (parola.length() > 0) {
                this.parola = parola;
            } else {
                throw new Exception("Parola non corretta.");
            }

            //controllo posizione
            if (posizioneIniziale.getRiga() >= 0 && posizioneIniziale.getColonna() >= 0) {
                posizioneParola = new Posizione(posizioneIniziale);
            } else {
                throw new Exception("Posizione indicata non corretta.");
            }

            //controllo orientamento
            if (orientamento == 'V' || orientamento == 'O') {
                this.orientamento = orientamento;
            } else {
                throw new Exception("Orientamento (verticale o orizzontale) non corretto.");
            }

            //controllo lunghezza
            if (lunghezza > 1) {
                this.lunghezza = lunghezza;
            } else {
                throw new Exception("Lunghezza non corretta. Vengono inserite le parole con almeno 2 lettere");
            }

        } catch (Exception ex) {
            JOptionPane.showMessageDialog(null, ex.toString(), "Errore", JOptionPane.ERROR_MESSAGE);
        }

    }

    //metodo costruttore crea una parola con le relative informazioni con le caselleParola collegate
    public Parola(String parola, Posizione posizioneIniziale, char orientamento, int lunghezza, ArrayList<Casella> caselleParolaInput) {
        try {

            //inizializzo le caselle della parola con le caselle dello schema create in precedenza
            if (caselleParolaInput != null) {
                caselleParola = caselleParolaInput;
            }
            //controllo parola
            if (parola.length() > 0) {
                this.parola = parola;
            } else {
                throw new Exception("Parola non corretta.");
            }

            //controllo posizione
            if (posizioneIniziale.getRiga() >= 0 && posizioneIniziale.getColonna() >= 0) {
                posizioneParola = new Posizione(posizioneIniziale);
            } else {
                throw new Exception("Posizione indicata non corretta.");
            }

            //controllo orientamento
            if (orientamento == 'V' || orientamento == 'O') {
                this.orientamento = orientamento;
            } else {
                throw new Exception("Orientamento (verticale o orizzontale) non corretto.");
            }

            //controllo lunghezza
            if (lunghezza > 1) {
                this.lunghezza = lunghezza;
            } else {
                throw new Exception("Lunghezza non corretta. Vengono inserite le parole con almeno 2 lettere");
            }

        } catch (Exception ex) {
            JOptionPane.showMessageDialog(null, ex.toString(), "Errore", JOptionPane.ERROR_MESSAGE);
        }

    }
```

```java

    //metodo costruttore crea una parola a partire da una passata in input
    public Parola(Parola p){
        this.setParola(p.getParola());
        this.setCaselleParola(p.getCaselleParola());
        this.setPosizioneParola(p.getPosizioneParola());
        this.setLunghezza(p.getLunghezza());
        this.setLettereInserite(p.getLettereInserite());
        this.setOrientamento(p.getOrientamento());
    }

    public ArrayList<Casella> getCaselleParola() {
        return caselleParola;
    }

    public void setCaselleParola(ArrayList<Casella> caselleParola) {
        this.caselleParola = caselleParola;
    }

    public String getParola() {
        return parola;
    }

    public void setParola(String parola) {
        this.parola = parola;
    }

    public Posizione getPosizioneParola() {
        return posizioneParola;
    }

    public void setPosizioneParola(Posizione posizioneParola) {
        this.posizioneParola = posizioneParola;
    }

    public int getLunghezza() {
        return lunghezza;
    }

    public void setLunghezza(int lunghezza) {
        this.lunghezza = lunghezza;
    }

    public char getOrientamento() {
        return orientamento;
    }

    public void setOrientamento(char orientamento) {
        this.orientamento = orientamento;
    }

    public int getLettereInserite() {
        return lettereInserite;
    }

    public void setLettereInserite(int lettereInserite) {
        this.lettereInserite = lettereInserite;
    }

    //controlla se le due parole corrispondono alla stessa casella nello schema, sia come orientamento che come inizio e lunghezza parola
    public boolean confrontaCaselle(Parola p) {
        if (this.orientamento == p.orientamento && posizioneParola.equals(p.getPosizioneParola()) && this.lunghezza == p.lunghezza) {
            return true;
        } else {
            return false;
        }

    }

    //aggiorna il testo delle caselle con la stringa dentro parola
    public void aggiornaCaselleParola(){
        try{
            if (lunghezza==caselleParola.size()){
                for (int i=0; i<lunghezza; i++){
                    caselleParola.get(i).aggiornaCarattere(parola.charAt(i));
                }
            }else{
                throw new Exception ("Lunghezza parola diversa dalla lunghezza della parola nel cruciverba");
            }
        }
        catch (Exception ex){
            JOptionPane.showMessageDialog(null, ex.toString(), "Errore", JOptionPane.ERROR_MESSAGE);
        }
    }

    //aggiorna la stringa dentro parola con il testo delle caselle, contando anche le lettere inserite
    public void aggiornaParola(){
            StringBuilder strParolaNuova=new StringBuilder();
        lettereInserite=0;
        try{
            if (lunghezza==caselleParola.size()){
                for (int i=0; i<lunghezza; i++){
                    char carattereCasella=caselleParola.get(i).getCarattereCasella();
                    if (carattereCasella!='.'){
                        lettereInserite++;
```

```
                    }
                    strParolaNuova.append(carattereCasella);
                }
                parola=strParolaNuova.toString();
            }else{
                throw new Exception ("Lunghezza parola diversa dalla lunghezza della parola nel cruciverba");
            }
        }
        catch (Exception ex){
            JOptionPane.showMessageDialog(null, ex.toString(), "Errore", JOptionPane.ERROR_MESSAGE);
        }
    }

    //controlla se una parola è stata completata
    public boolean isComplete(){
        if (this.lunghezza==this.lettereInserite){
            return true;
        }else{
            return false;
        }
    }

    //controllo se esistono caselle uguali tra due parole
    public boolean isLinked(Parola p){
        for (Casella casellaParolaCorrente : caselleParola){
            for (Casella casellaParolaDaConfrontare : p.getCaselleParola()){
                if (casellaParolaCorrente.confrontaCaselle(casellaParolaDaConfrontare)){
                    return true;
                }
            }
        }
        return false;
    }

}
```

Classe Casella:

```java
package com.cruciverbapackage;

//Coffaro_Davide_mat556603_Progetto ESP cruciverba

import javax.swing.*;
import java.awt.*;

public class Casella {
    private Posizione posizioneCasella;
    private JTextField textFieldCasella;
    private char carattereCasella;
    private boolean casellaNera;

    //costruttore casella con input il Jpanel dove verrà inserita la casella
    public Casella(JPanel panel, Posizione posizioneInput, char carattereInput, boolean casellaNeraInput) {
        int xIniziale = 240;
        int yIniziale = 80;
        int i, j = 0;
        try {
            if (posizioneInput != null) {
                posizioneCasella = new Posizione(posizioneInput);
                i = posizioneCasella.getRiga();
                j = posizioneCasella.getColonna();
            } else {
                throw new Exception("Posizione non esistente");
            }
            carattereCasella = carattereInput;
            casellaNera = casellaNeraInput;
            textFieldCasella = new JTextField();
            textFieldCasella.setSize(20, 20);
            //calcolo la posizione della casella a partire dalla posizione passata in input
            textFieldCasella.setLocation(xIniziale + j * 20, yIniziale + i * 20);
            textFieldCasella.setText(String.valueOf(carattereCasella));


            //imposto lo sfondo della casella nera e la disabilito
            if (casellaNera) {
                textFieldCasella.setBackground(new Color(0, 0, 0));
                textFieldCasella.setEditable(false);
                textFieldCasella.setFocusable(false);
            }

            //aggancio il textField al pannello passato in input
            panel.add(textFieldCasella);
        } catch (Exception ex) {
            JOptionPane.showMessageDialog(null, ex.toString(), "Errore", JOptionPane.ERROR_MESSAGE);
        }
    }

    public char getCarattereCasella() {
        return carattereCasella;
    }

    public void setCarattereCasella(char carattereCasella) {
        this.carattereCasella = carattereCasella;
    }

    //controlla ritornando true o false se la posizione della casella dell'oggetto corrente è uguale a quella passata in input
    public boolean confrontaPosizione(int riga, int colonna) {
        Posizione posizioneDaConfrontare = new Posizione(riga, colonna);
        return posizioneCasella.equals(posizioneDaConfrontare);
    }

    //procedura di confronto caselle, ritorna true se la casella in input è la stessa della casella dell'oggetto corrente
    public boolean confrontaCaselle(Casella c){
        return posizioneCasella.equals(c.posizioneCasella);
    }

    //aggiorna il carattere dell'oggetto corrente e il testo del componente visualizzato a video
    public void aggiornaCarattere(char carattereInput){
        carattereCasella=carattereInput;
        textFieldCasella.setText(String.valueOf(carattereInput));
    }
}
```

Classe Posizione:

```java
package com.cruciverbapackage;

//Coffaro_Davide_mat556603_Progetto ESP cruciverba

public class Posizione {
    int riga;
    int colonna;

    //costruttore posizione senza valori in input, inserisco valori standard
    public Posizione() {
        this.riga = -1;
        this.colonna = -1;
    }

    //costruttore posizione a partire da valori in input
    public Posizione(int rigaInput, int colonnaInput) {
        this.riga = rigaInput;
        this.colonna = colonnaInput;
    }

    //costruttore posizione da un'altra posizione già esistente
    public Posizione(Posizione posizioneInput) {
        this.riga = posizioneInput.getRiga();
        this.colonna = posizioneInput.getColonna();
    }

    public int getRiga() {
        return riga;
    }

    public void setRiga(int riga) {
        this.riga = riga;
    }

    public int getColonna() {
        return colonna;
    }

    public void setColonna(int colonna) {
        this.colonna = colonna;
    }

    //ripristina valori di default
    public void ripristinaPosizione() {
        this.riga = -1;
        this.colonna = -1;
    }

    //controlla se la posizione passata in input corrisponde alla stessa riga e colonna dell'oggetto corrente
    public boolean equals(Posizione posizioneDaConfrontare) {
        if (this.riga == posizioneDaConfrontare.getRiga() && this.colonna == posizioneDaConfrontare.getColonna()) {
            return true;
        } else {
            return false;
        }
    }
}
```

Classe ImplementazioneCruciverba:

```java
package com.cruciverbapackage;
//Coffaro_Davide_mat556603_Progetto ESP cruciverba
import javax.imageio.plugins.tiff.ExifTIFFTagSet;
import javax.swing.*;
import java.awt.event.ActionEvent;
import java.awt.event.ActionListener;
import java.lang.reflect.Array;
import java.util.ArrayList;

public class ImplementazioneCruciverba {
    protected Schema schema_originale;
    protected ArrayList<String> dizionario;
    protected boolean algResult;
    protected boolean algExecuted;
    //costruttore cruciverba con una struttura passata in input
    public ImplementazioneCruciverba(JPanel panel, char matrice[][], String parolaIniziale, int posizioneRigaIniziale, int
posizioneColonnaIniziale, ArrayList<String> dizionarioInput, char orientamento) {
        schema_originale = new Schema(panel, matrice, parolaIniziale, new Posizione(posizioneRigaIniziale, posizioneColonnaIniziale),
orientamento);
        if (dizionarioInput != null && dizionarioInput.size() != 0) {
            dizionario = dizionarioInput;
        }

    }

    public ArrayList<String> getDizionario() {
        return dizionario;
    }

    public boolean isAlgResult() {
        return algResult;
    }

    public boolean isAlgExecuted() {
        return algExecuted;
    }

    // inserisce la parola all'interno del cruciverba nella riga e nella colonna specificata e con quell'orientamento
    public void aggiornaParola(String parola, int riga, int colonna, char orientamento) {
        schema_originale.aggiornaSchema(parola,new Posizione(riga,colonna),orientamento);
    }

    // ricerca la prossima parola da inserire nel cruciverba
    public String cercaParolaDaInserire(Parola casellaDaCompletare, ArrayList<String> dizionario){
        return "";
    }

    //corrisponde ad un ciclo di risolviCruciverba (in cui poi viene lanciata la funzione cercaParolaDaInserire)
    //inserisce una parola nello schema del cruciverba
    public String inserisci1Parola(){ return null; }

    //chiama cercaParolaDaInserire finche lo schema non è completato, cioè isComplete=true
    public boolean risolviCruciverba(){
        return true;
    }

    //cerco la parola all'interno della lista che ha più lettere già inserite, a parità di lettere già inserite prendo la prima che ho trovato
    public Parola cercaParolaConPiuLettere(ArrayList<Parola> listaParole){
        int maxLettereInserite=-1, contatoreLettereInserite=0;
        Parola maxParolaLettereInserite=null;
        for (Parola p : listaParole){
            contatoreLettereInserite=p.getLettereInserite();
            if (contatoreLettereInserite>maxLettereInserite){
                maxLettereInserite=contatoreLettereInserite;
                maxParolaLettereInserite=p;
            }
        }
        return maxParolaLettereInserite;
    }

    // controllo se cruciverba è finito o no, quindi non risultano altre parole del dizionario da inserire
    public boolean isComplete() {
        if (dizionario.size()==0){
            return true;
        }else{
            return false;
        }
    }

    //aggiornamento dizionario con le parole dello schema COMPLETATE, in questo modo quelle che parole che si sono completate automaticamente
inserendo
    //altre parole nello schema vengono eliminate dal dizionario
    public void aggiornaDizionario(){
        ArrayList<Parola> paroleSchema = schema_originale.getParoleSchema();
        String parolaCorrente;
        for (Parola p : paroleSchema){
            parolaCorrente=p.getParola();
            if (p.getLunghezza()==p.getLettereInserite() && dizionario.contains(parolaCorrente)){
                dizionario.remove(parolaCorrente);
            }
        }
    }
}
```

Classe ImplAlg1Cruciverba:

```java
package com.cruciverbapackage;

//Coffaro_Davide_mat556603_Progetto ESP cruciverba

import javax.swing.*;
import java.util.ArrayList;

public class ImplAlg1Cruciverba extends ImplementazioneCruciverba{

    //costruttore cruciverba con una struttura passata in input che richiama semplicemente il costruttore della classe padre
    public ImplAlg1Cruciverba(JPanel panel, char matrice[][], String parolaIniziale, int posizioneRigaIniziale, int posizioneColonnaIniziale,
ArrayList<String> dizionarioInput, char orientamento) {
        super(panel,matrice,parolaIniziale,posizioneRigaIniziale,posizioneColonnaIniziale,dizionarioInput, orientamento);
    }

    // ricerca la prossima parola da inserire nel cruciverba con algoritmo1
    public String cercaParolaDaInserire(Parola casellaDaCompletare, ArrayList<String> dizionario){
        ArrayList<String> paroleDizionarioTrovate=new ArrayList<String>();
        int i=0;
        boolean parolaUguale;
        String parolaDaCompletare=casellaDaCompletare.getParola();
        int lunghezzaParolaDaCompletare = casellaDaCompletare.getLunghezza();
        /*ciclo tutte le parole del dizionario in ricerca di una o più parole che possono entrare nelle caselle a disposizione,
         * a seconda dei caratteri già inseriti,
         * se nessuna parola viene trovata si ritorna una stringa vuota
         * se ci sono più parole da poter inserire si ritorna anche qui una stringa vuota
         * se ce n'è solo una invece ritorno la stringa da inserire all'interno di queste caselle
         */

        for (String s : dizionario){
            parolaUguale=true;
            //se la lunghezza delle caselle da completare è diversa da quelle della parola s del dizionario salto il ciclo che confronta i
caratteri
            // delle due parole per vedere se sono compatibili
            i=0;
            if (s.length()==lunghezzaParolaDaCompletare){
                //confronto carattere per carattere quelle dell'oggetto Parola corrente con quelle del dizionario
                while (i<lunghezzaParolaDaCompletare && parolaUguale){
                    char carattere = parolaDaCompletare.charAt(i);
                    //confronto i caratteri solo se è un carattere valido (diverso da '.' impostato inizialmente)
                    if (carattere!='.'){
                        if (carattere!=s.charAt(i)){
                            parolaUguale=false;
                        }
                    }
                    i++;

                }
                if (parolaUguale){
                    paroleDizionarioTrovate.add(s);

                }
            }
        }
        if (paroleDizionarioTrovate.size()==1){
            return paroleDizionarioTrovate.get(0);
        }else{
            return "";
        }
    }

    //corrisponde ad un ciclo di risolviCruciverba (in cui poi viene lanciata la funzione cercaParolaDaInserire)
    //inserisce una parola nello schema del cruciverba
    public String inserisci1Parola(){
        boolean trovataParola=false;
        String parolaDaInserire=null;
        int cicliEseguiti=0,cicliMax=100,c;
        //analizzo le parole dello schema e prendo la lunghezza massima
        int lunghezzaMax=schema_originale.cercaLunghezzaParolaMax();
        int numeroParoleLunghezzaC=0,numeroParoleLunghezzaCInserite=0;
        ArrayList<Boolean> trovato = new ArrayList<Boolean>();

        ArrayList<Parola> ricercaParole;

        //se già eseguito l'algoritmo ritorno null
        if (isAlgExecuted()){
            return null;
        }
        //imposto tutto l'arrayList trovato a false
        for (int i=0; i<=lunghezzaMax;i++){
            trovato.add(false);
        }

        //ciclo finchè tutto l'arrayList trovato è uguale a true oppure fino ad arrivare a un'iterazione>cicliMax oppure se non ho trovato
        //nessuna parola al ciclo precedente
        while(daTrovare(trovato) && cicliEseguiti<cicliMax && !(trovataParola)){
            cicliEseguiti++;
            c=0;
            //ciclo da 0 fino alla lunghezza massima delle parole nello schema oppure esco se non ho trovato nessuna parola al ciclo precedente
            while(c<=lunghezzaMax && !(trovataParola)){
                //se ho già trovato tutte le parole con lunghezza c mi fermo e passo al numero c successivo
                if (!(trovato.get(c))){
                    ricercaParole=schema_originale.ricercaLunghezzaParole(c);
```

```
                    numeroParoleLunghezzaC=ricercaParole.size();
                    numeroParoleLunghezzaCInserite=0;
                    //ciclo le parole di lunghezza c finchè la lista non è vuota oppure esco quando non ho trovato una parola al ciclo
precedente
                    while(ricercaParole.size()>0 && !(trovataParola)){
                        Parola casellaDaCompletare=cercaParolaConPiuLettere(ricercaParole);
                        ricercaParole.remove(casellaDaCompletare);
                        //chiamo la procedura di ricerca parola da inserire dell'algoritmo1
                        parolaDaInserire=cercaParolaDaInserire(casellaDaCompletare,dizionario);
                        if (!( parolaDaInserire.equals(""))){
                            trovataParola=true;
                            casellaDaCompletare.setParola(parolaDaInserire);
                            //procedura per aggiornare lo schema con la parola trovata
                            aggiornaParola(casellaDaCompletare.getParola(),casellaDaCompletare.getPosizioneParola().getRiga()
                                    , casellaDaCompletare.getPosizioneParola().getColonna(),casellaDaCompletare.getOrientamento());
                            numeroParoleLunghezzaCInserite++;

                            //aggiorno il dizionario togliendo la parola che è stata inserita nello schema
                            // + eventuali parole che si sono autocompletate inserendo una parola nello schema
                            aggiornaDizionario();
                        }

                    }
                    if (numeroParoleLunghezzaC==numeroParoleLunghezzaCInserite){
                        trovato.set(c,true);
                    }
                }

                //incremento il numero di caselle di cui voglio cercare le parole da inserire
                c++;
            }

        }

        //ritorno la parola se è stata trovata, altrimenti ritorno null ma lanciando prima la procedura di RisolviCruciverba
        //per vedere se è stato completato correttamente o no
        if (trovataParola){
            return parolaDaInserire;
        }else{
            risolviCruciverba();
            return null;
        }


    }

    //risoluzione cruciverba attraverso l'utilizzo dell'algoritmo 1 e ritorno se è stato completato o no
    public boolean risolviCruciverba(){

        //se è gia stato eseguito una volta non ripeto l'esecuzione ma ritorno il risultato ottenuto in precedenza
        if(algExecuted){
            return algResult;
        }else {

            int cicliEseguiti = 0, cicliMax = 100, c;
            //analizzo le parole dello schema e prendo la lunghezza massima
            int lunghezzaMax = schema_originale.cercaLunghezzaParolaMax();
            int numeroParoleLunghezzaC = 0, numeroParoleLunghezzaCInserite = 0;
            ArrayList<Boolean> trovato = new ArrayList<Boolean>();

            ArrayList<Parola> ricercaParole;

            //imposto tutto l'arrayList trovato a false
            for (int i = 0; i <= lunghezzaMax; i++) {
                trovato.add(false);
            }

            //ciclo finchè tutto l'arrayList trovato è uguale a true oppure fino ad arrivare a un'iterazione>cicliMax
            while (daTrovare(trovato) && cicliEseguiti < cicliMax) {
                cicliEseguiti++;
                c = 0;
                //ciclo da 0 fino alla lunghezza massima delle parole nello schema
                while (c <= lunghezzaMax) {
                    //se ho già trovato tutte le parole con lunghezza c mi fermo e passo al numero c successivo
                    if (!(trovato.get(c))) {
                        ricercaParole = schema_originale.ricercaLunghezzaParole(c);
                        numeroParoleLunghezzaC = ricercaParole.size();
                        numeroParoleLunghezzaCInserite = 0;
                        //ciclo le parole di lunghezza c finchè la lista non è vuota
                        while (ricercaParole.size() > 0) {
                            Parola casellaDaCompletare = cercaParolaConPiuLettere(ricercaParole);
                            ricercaParole.remove(casellaDaCompletare);
                            //chiamo la procedura di ricerca parola da inserire dell'algoritmo1
                            String parolaDaInserire = cercaParolaDaInserire(casellaDaCompletare, dizionario);
                            if (!(parolaDaInserire.equals(""))) {
                                casellaDaCompletare.setParola(parolaDaInserire);

                                //procedura per aggiornare lo schema con la parola trovata
                                aggiornaParola(casellaDaCompletare.getParola(), casellaDaCompletare.getPosizioneParola().getRiga()
                                        , casellaDaCompletare.getPosizioneParola().getColonna(), casellaDaCompletare.getOrientamento());
                                numeroParoleLunghezzaCInserite++;

                                //aggiorno il dizionario togliendo la parola che è stata inserita nello schema
                                // + eventuali parole che si sono autocompletate inserendo una parola nello schema
                                aggiornaDizionario();
```

```
                            }

                        }
                        if (numeroParoleLunghezzaC == numeroParoleLunghezzaCInserite) {
                            trovato.set(c, true);
                        }
                    }

                    //incremento il numero di caselle di cui voglio cercare le parole da inserire
                    c++;
                }

            }

            //aggiorno la variabile per sapere che ho eseguito una volta l'algoritmo di RisolviCruciverba
            algExecuted=true;
            //faccio un controllo se ho completato tutte le parole dello schema, aggiorno la variabile che contiene il risultato del cruciverba
            // e lo ritorno
            if (!(daTrovare(trovato))){
                algResult=true;
                return algResult;
            }else{
                algResult=false;
                return algResult;
            }
        }

    }

    //controllo se sono presenti valori a false dentro l'arrayList trovato, in quel caso significa che ancora non ho trovato tutte
    //le parole di lunghezza i
    public boolean daTrovare(ArrayList<Boolean> trovato){
        int i=0;
        try {
            if (trovato!=null){
                while(i<trovato.size()){
                    if (trovato.get(i)){
                        i++;
                    }else{
                        return true;
                    }
                }
            }else{
                throw new NullPointerException("Trovato è null");
            }

        } catch (NullPointerException ex) {
            JOptionPane.showMessageDialog(null, ex.toString(), "Errore", JOptionPane.ERROR_MESSAGE);
            System.exit(101);
        }
        return false;

    }

    //cerco la parola all'interno della lista che ha più lettere già inserite, a parità di lettere già inserite prendo la prima che ho trovato
    public Parola cercaParolaConPiuLettere(ArrayList<Parola> listaParole){
        int maxLettereInserite=-1, contatoreLettereInserite=0;
        Parola maxParolaLettereInserite=null;
        for (Parola p : listaParole){
            contatoreLettereInserite=p.getLettereInserite();
            if (contatoreLettereInserite>maxLettereInserite){
                maxLettereInserite=contatoreLettereInserite;
                maxParolaLettereInserite=p;
            }
        }
        return maxParolaLettereInserite;
    }

}
```

Classe ImplAlg2Cruciverba:

```java
package com.cruciverbapackage;

//Coffaro_Davide_mat556603_Progetto ESP cruciverba

import javax.swing.*;
import java.util.ArrayList;

public class ImplAlg2Cruciverba extends ImplementazioneCruciverba {

    //costruttore cruciverba con una struttura passata in input che richiama il costruttore del parole
    public ImplAlg2Cruciverba(JPanel panel, char matrice[][], String parolaIniziale, int posizioneRigaIniziale, int posizioneColonnaIniziale,
ArrayList<String> dizionarioInput, char orientamento) {
        super(panel,matrice,parolaIniziale,posizioneRigaIniziale,posizioneColonnaIniziale,dizionarioInput, orientamento);
    }

    //ricerca la prossima parola da inserire nel cruciverba
    public String cercaParolaDaInserire(Parola casellaDaCompletare, ArrayList<String> dizionario){
        ArrayList<String> paroleDizionarioTrovate=new ArrayList<String>();
        int i=0;
        boolean parolaUguale;
        String parolaDaCompletare=casellaDaCompletare.getParola();
        int lunghezzaParolaDaCompletare = casellaDaCompletare.getLunghezza();
        /*ciclo tutte le parole del dizionario in ricerca di una o più parole che possono entrare nelle caselle a disposizione,
         * a seconda dei caratteri già inseriti,
         * se nessuna parola viene trovata si ritorna una stringa vuota
         * se ci sono più parole da poter inserire si ritorna anche qui una stringa vuota
         * se ce n'è solo una invece ritorno la stringa da inserire all'interno di queste caselle
         */

        for (String s : dizionario){
            parolaUguale=true;
            //se la lunghezza delle caselle da completare è diversa da quelle della parola s del dizionario salto il ciclo che confronta i
caratteri
            // delle due parole per vedere se sono compatibili
            i=0;
            if (s.length()==lunghezzaParolaDaCompletare){
                //confronto i caratteri della parola da completare con quelle delle parole nel dizionario, se non è presente
                //nessun vincolo violato allora inserisco la parola del dizionario nella lista di parola da inserire
                while (i<lunghezzaParolaDaCompletare && parolaUguale){
                    char carattere = parolaDaCompletare.charAt(i);
                    if (carattere!='.'){
                        if (carattere!=s.charAt(i)){
                            parolaUguale=false;
                        }
                    }
                    i++;

                }
                if (parolaUguale){
                    paroleDizionarioTrovate.add(s);

                }
            }
        }
        //se ho trovato solo una parola da inserire la ritorno alla funzione chiamante
        if (paroleDizionarioTrovate.size()==1){
            return paroleDizionarioTrovate.get(0);
        }else{
            return "";
        }
    }

    //corrisponde ad un ciclo di risolviCruciverba (in cui poi viene lanciata la funzione cercaParolaDaInserire)
    //inserisce una parola nello schema del cruciverba
    public String inserisci1Parola(){
        boolean trovataParola=false;
        String parolaDaInserire=null;

        int cicliEseguiti = 0, cicliMax = 100, c, lunghezzaMax = schema_originale.cercaLunghezzaParolaMax();
        int numeroParoleLunghezzaC = 0, numeroParoleLunghezzaCInserite = 0;

        ArrayList<ArrayList<Parola>> listaParoleLunghezzaC = new ArrayList<ArrayList<Parola>>();

        //se già eseguito l'algoritmo ritorno null
        if (isAlgExecuted()){
            return null;
        }
            //inserisco all'interno della lista delle parole di lunghezza i le parole di lunghezza i
            for (int i = 0; i < lunghezzaMax; i++) {
                ArrayList<Parola> paroleLunghezzaC;
                paroleLunghezzaC = schema_originale.ricercaLunghezzaParole(i + 1);
                if (paroleLunghezzaC.size() > 0) {
                    listaParoleLunghezzaC.add(i, paroleLunghezzaC);
                } else {
                    listaParoleLunghezzaC.add(new ArrayList<Parola>());
                }
            }
            //ciclo finchè il cruciverba non è completo, fino ad aver fatto n>cicliMax iterazioni e se non trovo una parola da inserire
            while (!isComplete() && cicliEseguiti < cicliMax && !(trovataParola)) {
                cicliEseguiti++;
                c = 0;
                while (c < lunghezzaMax && !(trovataParola)) {
                    //prendo le parole di lunghezza=c su cui lavorerò
```

```
                    ArrayList<Parola> paroleLunghezzaC = listaParoleLunghezzaC.get(c);
                    int i=0;
                    while ( i < paroleLunghezzaC.size() && !(trovataParola)) {
                        Parola casellaDaCompletare = paroleLunghezzaC.get(i);
                        //prima di cercare la parolaDaInserire faccio un controllo se la parola nella lista paroleLunghezzaC è già completa,
                        // se si la elimino dalla lista
                        if (casellaDaCompletare.getLunghezza() == casellaDaCompletare.getLettereInserite()) {
                            paroleLunghezzaC.remove(casellaDaCompletare);
                        } else {
                            parolaDaInserire = cercaParolaDaInserire(casellaDaCompletare, dizionario);
                            if (!(parolaDaInserire.equals(""))) {
                                //è stata trovata una parola da inserire nello schema, rimuovo quindi la casellaDaCompletare dalla lista di
parole di
                                // lunghezza c ancora da inserire
                                trovataParola=true;
                                paroleLunghezzaC.remove(casellaDaCompletare);

                                casellaDaCompletare.setParola(parolaDaInserire);
                                //aggiorno lo schema con la nuova parola trovata
                                aggiornaParola(casellaDaCompletare.getParola(), casellaDaCompletare.getPosizioneParola().getRiga()
                                        , casellaDaCompletare.getPosizioneParola().getColonna(), casellaDaCompletare.getOrientamento());

                                //aggiorno il dizionario togliendo la parola che è stata inserita nello schema
                                // + eventuali parole che si sono autocompletate inserendo una parola nello schema
                                aggiornaDizionario();
                            }else{
                                //incremento solo se la parola non era già completata o se non è stato inserito niente nello schema
                                i++;
                            }
                        }
                    }
                    c++;
                }
            }

            //controllo se il cruciverba è stato completato o meno
            if (trovataParola) {
                return parolaDaInserire;
            } else {
                risolviCruciverba();
                return null;
            }

    }

    // risoluzione cruciverba attraverso l'utilizzo dell'algoritmo 2 ritorno true se il cruciverba è stato completato, altrimenti false
    public boolean risolviCruciverba() {
        int cicliEseguiti = 0, cicliMax = 100, c, lunghezzaMax = schema_originale.cercaLunghezzaParolaMax();
        int numeroParoleLunghezzaC = 0, numeroParoleLunghezzaCInserite = 0;
        ArrayList<ArrayList<Parola>> listaParoleLunghezzaC = new ArrayList<ArrayList<Parola>>();

        //se ho già eseguito l'algoritmo di risoluzione ritorno il risultato salvato
        if(algExecuted){
            return algResult;
        }else {
            if (isComplete()) {
                algExecuted=true;
                algResult = true;
                return true;
            } else {
                //inserisco all'interno della lista delle parole di lunghezza i le parole di lunghezza i
                for (int i = 0; i < lunghezzaMax; i++) {
                    ArrayList<Parola> paroleLunghezzaC;
                    paroleLunghezzaC = schema_originale.ricercaLunghezzaParole(i + 1);
                    if (paroleLunghezzaC.size() > 0) {
                        listaParoleLunghezzaC.add(i, paroleLunghezzaC);
                    } else {
                        listaParoleLunghezzaC.add(new ArrayList<Parola>());
                    }
                }
                //ciclo finchè il cruciverba non è completo, fino ad aver fatto n>cicliMax iterazioni
                while (!isComplete() && cicliEseguiti < cicliMax) {
                    cicliEseguiti++;
                    c = 0;
                    while (c < lunghezzaMax) {
                        //prendo le parole di lunghezza=c su cui lavorerò
                        ArrayList<Parola> paroleLunghezzaC = listaParoleLunghezzaC.get(c);
                        int i = 0;
                        while (i < paroleLunghezzaC.size()) {
                            Parola casellaDaCompletare = paroleLunghezzaC.get(i);
                            //prima di cercare la parolaDaInserire faccio un controllo se la parola nella lista paroleLunghezzaC è già
completa,
                            // se si la elimino dalla lista
                            if (casellaDaCompletare.getLunghezza() == casellaDaCompletare.getLettereInserite()) {
                                paroleLunghezzaC.remove(casellaDaCompletare);
                            } else {
                                String parolaDainserire = cercaParolaDaInserire(casellaDaCompletare, dizionario);
                                if (!(parolaDainserire.equals(""))) {
                                    //è stata trovata una parola da inserire nello schema, rimuovo quindi la casellaDaCompletare dalla lista di
parole di
                                    // lunghezza c ancora da inserire
                                    paroleLunghezzaC.remove(casellaDaCompletare);

                                    casellaDaCompletare.setParola(parolaDainserire);
                                    //aggiorno lo schema con la nuova parola trovata
```

```
                                    aggiornaParola(casellaDaCompletare.getParola(), casellaDaCompletare.getPosizioneParola().getRiga()
                                            , casellaDaCompletare.getPosizioneParola().getColonna(), casellaDaCompletare.getOrientamento());

                                    //aggiorno il dizionario togliendo la parola che è stata inserita nello schema
                                    // + eventuali parole che si sono autocompletate inserendo una parola nello schema
                                    aggiornaDizionario();
                                } else {
                                    //incremento solo se la parola non era già completata o se non è stato inserito niente nello schema
                                    i++;
                                }
                            }
                        }
                        c++;
                    }
                }

                //setto la variabile di esecuzione algoritmo
                algExecuted = true;
                //controllo se il cruciverba è stato completato o meno e setto la variabile risultato
                if (isComplete()) {
                    algResult = true;
                    return true;
                } else {
                    algResult = false;
                    return false;
                }
            }
        }
    }

}
```

Classe ImplAlg4_AI:

```java
package com.cruciverbapackage;

//Coffaro_Davide_mat556603_Progetto ESP cruciverba

import javax.swing.*;
import java.lang.reflect.Array;
import java.util.ArrayList;

public class ImplAlg4Cruciverba_AI extends ImplementazioneCruciverba{

    //creo inner class SizeException che estende Exception, perché viene utilizzata solo all'interno di questa implementazione
    public class SizeException extends Exception{
        public SizeException(){
            super();
        }
        public SizeException(String s){
            super(s);
        }

    }
    private CSP constraintsSolver;
    private ArrayList<Parola> listSolution;

    //costruttore cruciverba con una struttura passata in input che richiama il costruttore del padre e inizializza la variabile di tipo CPS
    public ImplAlg4Cruciverba_AI(JPanel panel, char matrice[][], String parolaIniziale, int posizioneRigaIniziale, int
posizioneColonnaIniziale, ArrayList<String> dizionarioInput, char orientamento) {
        super(panel,matrice,parolaIniziale,posizioneRigaIniziale,posizioneColonnaIniziale,dizionarioInput, orientamento);
        constraintsSolver= new CSP(schema_originale,dizionario);
    }

    //corrisponde ad un ciclo di risolviCruciverba (in cui poi viene lanciata la funzione cercaParolaDaInserire)
    //inserisce una parola nello schema del cruciverba
    public String inserisci1Parola(){
        int i=0;
        Parola p=null;
        //controllo se l'algoritmo di risoluzione era già stato eseguito
        if (!(constraintsSolver.isCSPExecuted())){

            //se non era stato eseguito lo eseguo e salvo il risultato nella variabile risultato di CPS, nella listSolution sarà contenuto
            // l'ordine di inserimento delle parole nello schema
            constraintsSolver.setCSPResult(backtrackSearch(constraintsSolver));

            //se risultato dell'algoritmo è true prendo un elemento di listSolution e lo inserisco nello schema del cruciverba
            if (constraintsSolver.isCSPResult()){
                if(listSolution.size()>0){
                    p=listSolution.get(i);
                    schema_originale.aggiornaSchema(p.getParola(),p.getPosizioneParola(),p.getOrientamento());
                    listSolution.remove(i);
                }
                //aggiorno le parole disponibili nel dizionario dopo l'inserimento della nuova parola nel cruciverba
                aggiornaDizionario();
            }
        }else{
            //in questo ramo non rieseguo l'algoritmo e se il risultato dell'algoritmo è true prendo un elemento di listSolution e lo inserisco
            // nello schema del cruciverba
            if(constraintsSolver.isCSPResult()) {
                if(listSolution.size()>0){
                    p=listSolution.get(i);
                    schema_originale.aggiornaSchema(p.getParola(),p.getPosizioneParola(),p.getOrientamento());
                    listSolution.remove(i);
                }
                //aggiorno la lista delle parole disponibili nel dizionario dopo l'inserimento dell'ultima parola
                aggiornaDizionario();
            }


        }

        algResult=constraintsSolver.isCSPResult();

        if (listSolution.size()==0) {
            if (p==null){
                return null;
            }else{
                return p.getParola();
            }
        }else{
            return p.getParola();
        }
    }

    //implementazione algoritmo 4 con AI utilizzo CSP
    //CSP:
    //variabili = paroleSchema
    //domini = x domini ognuno relativo alle parole di x lettere
    //vincoli = relativi alle variabili, ad esempio la variabile in posizione 2^ riga - 3^ colonna in orizzontale
    //          ha la lettera 'i' nella quarta casella
    //backtracking cronologico = se non riesco a completare lo schema del cruciverba con l'attuale assegnamento faccio passi indietro
    //                           e provo ad inserire un altro valore nella variabile a cui avevo assegnato un valore errato
    public boolean risolviCruciverba(){
        int i=0;
        if (!(constraintsSolver.isCSPExecuted())){

```

```
            constraintsSolver.setCSPResult(backtrackSearch(constraintsSolver));

            if (constraintsSolver.isCSPResult()){
                //inserisco tutte le parole nella listSolution all'interno dello schema del cruciverba, una alla volta
                while(listSolution.size()>0){
                    Parola p=listSolution.get(i);
                    schema_originale.aggiornaSchema(p.getParola(),p.getPosizioneParola(),p.getOrientamento());
                    listSolution.remove(i);
                }
                //aggiorno la lista di parole disponibili del dizionario dopo l'inserimento delle parole di listSolution
                aggiornaDizionario();
            }
            algResult=constraintsSolver.isCSPResult();
            return algResult;
        }else{
            //se avevo già eseguito l'algoritmo inserisco solo le parole rimanenti nella listSolution all'interno dello schema del cruciverba
            if(constraintsSolver.isCSPResult()) {
                while (listSolution.size() > 0) {
                    Parola p=listSolution.get(i);
                    schema_originale.aggiornaSchema(p.getParola(),p.getPosizioneParola(),p.getOrientamento());
                    listSolution.remove(i);
                }
                //aggiorno la lista di parole disponibili dopo l'inserimento delle parole nel cruciverba
                aggiornaDizionario();
            }
            algResult=constraintsSolver.isCSPResult();
            return algResult;

        }

    }


    //lancio procedura per soluzione cruciverba con AI
    private boolean backtrackSearch( CSP csp){
        //setto variabile di esecuzione algoritmo a true
        csp.setCSPExecuted(true);
        //salvo lo stato dello schema  attuale per poterlo ripristinare dopo l'esecuzione dell'algoritmo
        //che conterrà altrimenti tutti i riferimenti modificati durante l'esecuzione dell'algoritmo
        Schema oldSchema=new Schema(schema_originale);
        backtrack(new ArrayList<Parola>(), csp);
        if (listSolution.size()==constraintsSolver.getNumberVariables()){
            //ripristino lo schema originale e anche i valori a prima dell'esecuzione dell'algoritmo nelle caselle delle parole
            schema_originale=oldSchema;
            for (Parola p : schema_originale.getParoleSchema()){
                p.aggiornaCaselleParola();
            }
            return true;
        }else{
            //ripristino lo schema originale e anche i valori a prima dell'esecuzione dell'algoritmo nelle caselle delle parole
            schema_originale=oldSchema;
            for (Parola p : schema_originale.getParoleSchema()){
                p.aggiornaCaselleParola();
            }
            return false;
        }
    }

    //ricerca soluzione cruciverba con AI con variable=MRV (minimum remaining values)+euristica del grado, value=prossimo valore del dominio
ancora
    // non provato,
    // inferenza con FC (forward checking), backtracking cronologico
    // ritorno il valore null quando sono arrivato in fondo alla procedura, altrimenti ritorno la variabile che volevo utilizzare per fare il
    // backtracking intelligente sulle variabili collegate ad essa, adesso non è utile perché utilizzo il backtracking cronologico
    private Variable backtrack(ArrayList<Parola> assignment, CSP csp){
        int countAssignment=assignment.size();
        Variable varResult=null;
        if (assignment.size()==csp.getNumberVariables()){
            listSolution=assignment;
            return null;
        }
        Variable var=selectUnassignedVariable(constraintsSolver);
        if (var==null){
            //termino la procedura corrente
            //nessuna variabile a cui assegnare un valore trovata
            return null;
        }else{
            //mantengo una copia della vecchia variabile nel caso in cui l'assegnamento corrente non è corretto
            Variable oldVar = new Variable(var);

            //scorro i valori del dominio prendendoli uno ad uno dal dominio
            for(String s : orderDomainValues(var,assignment,csp)){
                var.setNewParola(s);
                var.aggiornaCaselleParola();
                var.setValueAssigned(true);
                assignment.add(var.getValue());
                countAssignment++;
                if (inference(csp,var,s)){
                    //chiamo di nuovo backtrack per trovare il prossimo assegnamento da fare
                    varResult= backtrack(assignment,csp);
                    if (varResult==null){
                        return null;
                    }
                }
                //operazioni di ripristino nel caso in cui l'inferenza non è andata a buon fine
```

```
                countAssignment--;
                assignment.remove(countAssignment);
                var=oldVar;
            }
        }
        return null;
    }


    //seleziono la variabile per la ricerca di un valore da inserire seguendo la strategia di CSP
    private Variable selectUnassignedVariable(CSP constraintsSolver) {
        //imposto il valore iniziale uguale al numero di parole da inserire nel cruciverba
        int minValues = dizionario.size();
        ArrayList<Variable> listCandidateVariables = null;

        //procedura di selezione variabili per minor valore dei domini
        for (Variable v : constraintsSolver.getVariables()) {
            int variableValues = v.getValuesNumber();
            if (!(v.isValueAssigned())) {
                if (variableValues < minValues) {
                    //se il numero di valori del sottodominio per questa variabile è inferiore a quella precedente creo una nuova lista
                    // (la lista precedente contenente le variabili con numero valori dominio maggiore viene scartata)
                    // in cui inserisco la variabile corrente e aggiorno il numero valore sottodominio minimo
                    listCandidateVariables = new ArrayList<Variable>();
                    listCandidateVariables.add(v);
                    minValues = variableValues;
                } else if (variableValues == minValues) {

                    //controllo se non era ancora stata inizializzata la lista delle variabili candidate
                    if (listCandidateVariables == null) {
                        listCandidateVariables = new ArrayList<Variable>();
                    }

                    //inserisco la variabile corrente nella lista contenente le variabili con la stessa percentuale di completamento
                    listCandidateVariables.add(v);
                }
            }
        }

        try{
            if(listCandidateVariables.size()==0){
                //se la lista contiene zero elementi sollevo un'eccezione. Inner class creata dentro questa classe perché
                // la utilizzo solo al suo interno
                throw new ImplAlg4Cruciverba_AI.SizeException("Non è stata trovata nessuna variabile candidata per l'inserimento di un nuovo
valore.");

            }else if(listCandidateVariables.size()==1){
                //se la lista delle variabili candidate contiene un solo elemento lo passo alla return della funzione
                return listCandidateVariables.get(0);
            }else{
                //la lista contiene più elementi, cerco quella variabile che vincola maggiormente le altre variabili (quella con più lettere)
                int maxLetters=0;
                Variable maxLettersVariable=null;
                for (Variable v : listCandidateVariables){
                    int currentLetters=v.getNumberLetters();
                    if(currentLetters>maxLetters){
                        maxLetters=currentLetters;
                        maxLettersVariable=v;
                    }

                }
                if(maxLettersVariable!=null){
                    return maxLettersVariable;
                }else{
                    throw new NullPointerException("Non è stata trovata una variabile più vincolante dentro la lista delle variabili
candidate");
                }
            }
        }catch (SizeException e){
            System.out.println(e);
            return null;
        }catch (NullPointerException e){
            System.out.println(e);
            return null;
        }
    }

    //creo la lista di assegnamenti di valori del dominio alla variabile, ordinata in ordine di inserimento nel dominio
    private ArrayList<String> orderDomainValues(Variable var, ArrayList<Parola> assignment, CSP csp){
        //TODO implementare soluzione per poter creare una lista ordinata di valori da quello meno vincolante a quello più vincolante
        //per adesso ritorno semplicemente la lista dei valori del dominio possibili
        return var.getListValuesDomain();

    }

    //procedura che mi permette di:
    // 1) togliere dal problema csp la variabile var perché gli è stato assegnato un valore
    // 2) cercare le variabili collegate a var di cui dovrò modificare il dominio dovuto alla nuova stringa s assegnata a var
    // 3) fare un controllo che i domini risultanti delle variabili collegate non siano vuoti:
    //    se lo sono ritorno false altrimenti true
    private boolean inference(CSP csp, Variable var, String s){

        ArrayList<Variable> listLinkedVariables=null;
        ArrayList<Variable> listSameLengthVariables=null;
        int counterLinkedVariables=0;
```

```java
        int counterSameLengthVariables=0;
        boolean result=true;

        //trovare variabili collegate a var (cioè che condividono le stesse caselle) e ridurre il loro dominio
        listLinkedVariables=csp.searchLinkedVariables(var);
        while (listLinkedVariables!=null && counterLinkedVariables<listLinkedVariables.size() && result){
            Variable currentVar=listLinkedVariables.get(counterLinkedVariables);
            currentVar.setOldValue(currentVar.getValue());
            currentVar.aggiornaParola();
            //procedura di inference sulla variabile corrente, se va a buon fine proseguo altrimenti ripristino i valori e imposto la
            // variabile result a false
            if (!(currentVar.inferenceAfterUpdateParola())){
                currentVar.ripristinaParola();
                result=false;
            }
            counterLinkedVariables++;
        }

        //guardo adesso tutte le variabili con la stessa lunghezza della variabile corrente a cui ho assegnato il valore e rimuovo il valore
        // assegnato dal loro dominio (se presente)
        listSameLengthVariables=csp.searchSameLengthVariables(var.getNumberLetters());
        while(listSameLengthVariables!=null && counterSameLengthVariables<listSameLengthVariables.size() && result){
            Variable currentVar=listSameLengthVariables.get(counterSameLengthVariables);
            if (!(currentVar.inferenceAfterAssignedValue(s))){
                result=false;
            }
            counterSameLengthVariables++;
        }


        //se il risultato dell'inferenza è false ripristino tutti i valori dei domini che avevo modificato durante la procedura sulle variabili
collegate
        //partendo dalla penultima variabile perché l'ultima su cui si era verificato l'errore di inferenza li ha già ripristinati (torno
indietro di 2)
        counterLinkedVariables=counterLinkedVariables-2;
        while(!(result) && counterLinkedVariables>=0){
            Variable currentVar=listLinkedVariables.get(counterLinkedVariables);
            currentVar.ripristinaParola();
            currentVar.restoreDomain();
            counterLinkedVariables--;
        }
        //se il risultato dell'inferenza è false ripristino tutti i valori dei domini che avevo modificato durante la procedura sulle variabili
con
        // la stessa lunghezza
        //partendo dalla penultima variabile perché l'ultima su cui si era verificato l'errore di inferenza li ha già ripristinati (torno
indietro di 2)
        counterSameLengthVariables=counterSameLengthVariables-2;
        while(!(result) && counterSameLengthVariables>=0){
            Variable currentVar=listSameLengthVariables.get(counterSameLengthVariables);
            currentVar.ripristinaParola();
            currentVar.restoreDomain();
            counterSameLengthVariables--;
        }
        return result;
    }

}
```

Classe CSP:

```java
package com.cruciverbapackage;

//Coffaro_Davide_mat556603_Progetto ESP cruciverba

import java.util.ArrayList;


//classe CSP = costraintsSatisfactionProblem, utilizzo di algoritmo di AI per la ricerca della soluzione del cruciverba
public class CSP {
    private ArrayList<Parola> listSolution;
    private boolean CSPExecuted;
    private boolean CSPResult;
    private ArrayList<Variable> variables;
    private ArrayList<Domain> domains;

    public ArrayList<Parola> getListSolution() {
        return new ArrayList<Parola>(listSolution);
    }

    public ArrayList<Variable> getVariables() {
        return new ArrayList<Variable>(variables);
    }

    public void setCSPExecuted(boolean CSPExecuted) {
        this.CSPExecuted = CSPExecuted;
    }

    public boolean isCSPExecuted() {
        return CSPExecuted;
    }

    public void setCSPResult(boolean CSPResult) {
        this.CSPResult = CSPResult;
    }

    public boolean isCSPResult() {
        return CSPResult;
    }

    public CSP(Schema s, ArrayList<String> d){
        listSolution= new ArrayList<Parola>();
        CSPExecuted=false;
        CSPResult=false;
        variables= new ArrayList<Variable>();
        domains=new ArrayList<Domain>();
        insertValuesInDomain(d);
        insertValuesInVariables(s.getParoleSchema());
    }

    //inserisce tutte le stringhe all'interno del dominio con lettere corrispondenti
    private void insertValuesInDomain(ArrayList<String> dizionario){
        Domain foundD=null;
        for (String s : dizionario){
                        //cerco dominio con elementi di lunghezza s.length()
            foundD=searchDomain(s.length());

            if (foundD==null){
                //significa che non esisteva già un dominio con valori della lunghezza stringa e quindi creo un nuovo dominio,
                // ci inserisco la stringa e lo inserisco nella lista dei domini
                foundD=new Domain(s,s.length());
                domains.add(foundD);
            }else{
                //significa che esisteva già un dominio con valori della lunghezza stringa e quindi inserisco in coda
                foundD.add(s);
            }
        }
    }

    public void insertValuesInVariables(ArrayList<Parola> list){
        Domain foundD=null;
        for (Parola p : list){
            int i= 0;
            if (!(p.isComplete())){      // se la parola non è già completa
                foundD=searchDomain(p.getLunghezza());

                //se lettereInserite!=0 devo lanciare la procedura di inferenza sui domini delle variabili che creo
                if (foundD!=null){
                    Variable v = new Variable(p,foundD);
                    variables.add(v);
                    //se lettereInserite per questa parola è diverso da zero lancio anche la procedura di inferenza per ridurre
                    // i domini di questa variabile
                    if (p.getLettereInserite()>0){
                        v.inferenceAfterUpdateParola();
                    }
                }else{
                    throw new NullPointerException("Non è stato trovato un dominio per questa variabile");
                }
            }

        }
    }

    // cerco il dominio contenente elementi di lunghezza l
```

```
    public Domain searchDomain(int l){
        Domain foundD=null;
        int i=0;
        while (i<domains.size() && foundD==null){        //esco dal while se ho scorso tutto l'array dei domini o se ho trovato un elemento
            Domain checkD=domains.get(i);
            if(checkD.getLunghezzaParole()==l){
                foundD=checkD;
            }
            i++;
        }
        return foundD;
    }

    //ritorna le variabili collegata alla variabile passata in input var
    public ArrayList<Variable> searchLinkedVariables(Variable var){
        ArrayList<Variable> linkedVariables=null;

        //scorro le variabili dello schema alla ricerca di quelle collegata a quella in input
        for(Variable searchVar : variables){
            //faccio un controllo se è già assegnato un valore, in questo modo evito di verificare il collegamento con una variabile
            // alla quale ho già assegnato un valore (sia variabile corrente che altre variabili all'interno dello schema)
            if (!(searchVar.isValueAssigned())) {
                if (searchVar.isLinked(var)) {
                    if (linkedVariables==null){
                        linkedVariables=new ArrayList<Variable>();
                    }
                    linkedVariables.add(searchVar);
                }
            }
        }
        return linkedVariables;
    }

    //ritorna le variabili con la stessa lunghezza della variabile passata in input var
    public ArrayList<Variable> searchSameLengthVariables(int lengthToCompare){
        ArrayList<Variable> sameLengthVariables=null;

        //scorro le variabili dello schema alla ricerca di quelle con la stessa lunghezza di quella in input
        for(Variable searchVar : variables){
            //faccio un controllo se è già assegnato un valore, in questo modo evito di verificare il collegamento con una variabile
            // alla quale ho già assegnato un valore (sia variabile corrente che altre variabili all'interno dello schema)
            if (!(searchVar.isValueAssigned())) {
                if (searchVar.getNumberLetters()==lengthToCompare) {
                    if (sameLengthVariables==null){
                        sameLengthVariables=new ArrayList<Variable>();
                    }
                    sameLengthVariables.add(searchVar);
                }
            }
        }
        return sameLengthVariables;
    }

    //ritorno il numero di variabili totali
    public int getNumberVariables(){
        return variables.size();
    }

}
```

Classe Variable:

```java
package com.cruciverbapackage;

//Coffaro_Davide_mat556603_Progetto ESP cruciverba

import java.util.ArrayList;

public class Variable {
    private Parola value;
    private Domain variableDomain;
    private boolean valueAssigned;
    private ArrayList<String> oldListValues;
    private Parola oldValue;

    //costruttore in cui inizializzo la parola e il dominio della variabile + altre variabili per lo stato dell'oggetto
    public Variable(Parola var, Domain d){
        value=new Parola(var);
        variableDomain=new Domain(d);
        valueAssigned=false;
        oldListValues=null;
        oldValue=null;
    }

    //costruisco una variabile da una già esistente
    public Variable(Variable var){
        this.value=var.getValue();
        this.variableDomain=var.getVariableDomain();
        this.valueAssigned=var.isValueAssigned();
        this.oldListValues=var.getOldListValues();
        this.oldValue=var.getOldValue();
    }

    public Domain getVariableDomain(){ return new Domain(this.variableDomain); }

    public Parola getValue(){ return new Parola(this.value); }

    public boolean isValueAssigned() {
        return valueAssigned;
    }

    public void setValueAssigned(boolean valueAssigned) {
        this.valueAssigned = valueAssigned;
    }

    public ArrayList<String> getOldListValues() {
        return oldListValues;
    }

    public Parola getOldValue() {
        return oldValue;
    }

    public void setOldValue(Parola oldValue) {
        this.oldValue = oldValue;
    }

    //procedura di inferenza sul dominio di questa variabile per rimuovere i valori non permessi dopo assegnazione di un valore ad un'altra variabile
    //ritorna false se il dominio risultante dall'inferenza risulta essere vuoto
    public boolean inferenceAfterAssignedValue(String s){
        ArrayList<String> listValuesDomain=variableDomain.getListValues();

        //salvo una copia della lista valore del dominio per poterla ripristinare in caso di errore di inferenza (dominio vuoto)
        oldListValues=new ArrayList<String>(listValuesDomain);
        if (listValuesDomain.contains(s)){
            listValuesDomain.remove(s);
        }

        //se il dominio dopo aver fatto inferenza non è vuoto lo aggiorno per la variabile corrente e ritorno true
        //altrimenti ritorno false senza aggiornare il dominio della variabile corrente
        if(listValuesDomain.size()>0){
            variableDomain.setListValues(listValuesDomain);
            return true;
        }else{
            return false;
        }
    }

    //procedura di inferenza sul dominio di questa variabile per rimuovere i valori non permessi dopo aggiornamento parola
    //ritorna false se il dominio risultante dall'inferenza risulta essere vuoto
    public boolean inferenceAfterUpdateParola(){
        ArrayList<String> listValuesDomain = variableDomain.getListValues();

        //salvo una copia della lista valore del dominio per poterla ripristinare in caso di errore di inferenza (dominio vuoto)
        oldListValues=new ArrayList<String>(listValuesDomain);
        String parolaSchema = value.getParola();
        for (int i=0; i<parolaSchema.length(); i++){
            int j=0;
            char checkChar=parolaSchema.charAt(i);

            //faccio la procedura di controllo carattere solo se è diverso dal carattere '.' che è quello preimpostato
            // nelle caselle dello schema
            if(checkChar!='.'){
                while(j<listValuesDomain.size()){
```

```
                    String s = listValuesDomain.get(j);

                    //se il carattere della parola è diverso da quello del valore del dominio, tolgo quel valore dal dominio di questa
variabile
                    //altrimenti incremento il valore di j e continuo sul valore successivo del dominio
                    if(checkChar!=s.charAt(i)){
                        listValuesDomain.remove(j);
                    }else {
                        j++;
                    }

                }
            }

        }

        //se il dominio dopo aver fatto inferenza non è vuoto lo aggiorno per la variabile corrente e ritorno true
        //altrimenti ritorno false senza aggiornare il dominio della variabile corrente
        if(listValuesDomain.size()>0){
            variableDomain.setListValues(listValuesDomain);
            return true;
        }else{
            return false;
        }
    }

    //ritorno il numero di lettere della variabile
    public int getNumberLetters(){
        return value.getLunghezza();
    }

    //ritorna il numero di valori dentro il dominio di questa variabile
    public int getValuesNumber(){
        return variableDomain.getValuesNumber();
    }

    public String getValueDomain(int index){
        return variableDomain.getValueDomain(index);
    }

    public ArrayList<String> getListValuesDomain(){
        return variableDomain.getListValues();
    }

    //setto value con una nuova parola
    public void setNewParola(String s){
        value.setParola(s);
    }

    public void aggiornaCaselleParola(){
        value.aggiornaCaselleParola();
    }

    public void aggiornaParola(){
        value.aggiornaParola();
    }

    //confronto le caselle della Parola relativa a questo oggetto con quella della variabile passata in input, se una sola
    // casella coincide allora le due variabili sono collegate e ritorno true
    public boolean isLinked(Variable var){
        return value.isLinked(var.getValue());
    }

    //ripristino i valori precedenti del dominio
    public void restoreDomain(){
        variableDomain.setListValues(oldListValues);
    }

    //ripristino la parola precedente della variabile (prima dell'inferenza)
    public void ripristinaParola(){
        value=oldValue;
    }

}
```

Classe Domain:

```java
package com.cruciverbapackage;

//Coffaro_Davide_mat556603_Progetto ESP cruciverba

import java.util.ArrayList;

//classe dei domini contenente le parole del dizionario suddivise per lunghezza parole
class Domain{
    private ArrayList<String> listValues;
    private int length;

    //costruttore con inizializzazione delle variabili dell'oggetto Domain e con inserimento della stringa nella lista di valori del dominio
    public Domain(String s, int dim){
        listValues=new ArrayList<String>();
        listValues.add(s);
        length=dim;
    }

    //costruttore a partire da un altro oggetto di tipo dominio già esistente
    public Domain(Domain d){
        listValues=d.getListValues();
        length=d.getLunghezzaParole();
    }

    //ritorna la lista di valori inseriti in questo dominio
    public ArrayList<String> getListValues(){
        return new ArrayList<String>(listValues);
    }

    //modifica la lista di valori inseriti in questo dominio
    public void setListValues(ArrayList<String> listValues) {
        this.listValues = listValues;
    }

    //ritorna la lunghezza delle parole inserite in questo dominio
    public int getLunghezzaParole(){
        return length;
    }

    //aggiunge una nuova parola nella lista di valori in questo dominio
    public void add (String s){
        listValues.add(s);
    }

    //conta il numero di valori all'interno del dominio
    public int getValuesNumber(){
        return listValues.size();
    }

    //restituisco la stringa alla posizione index della lista di valori (listValues)
    public String getValueDomain(int index){
        return listValues.get(index);
    }

}
```

Bibliografia:

- Artificial Intelligence, A Moderne Approach Third Edition, Cap.6 Constraints Satisfaction Problems
- IntelliJ Idea Online Documentation about JPanel, JLabel, JButton, JList, JScrollPane, JTextField:
  1) https://www.jetbrains.com/help/idea/designing-gui-major-steps.html
  2) https://intellij-support.jetbrains.com/hc/en-us/community/posts/360003406579-Drawing-on-a-JPanel-of-a-form
  3) https://intellij-support.jetbrains.com/hc/en-us/community/posts/206233659-GUI-Designer-Question-How-to-dynamically-set-JLabel-Text
  4) https://intellij-support.jetbrains.com/hc/en-us/community/posts/206327529-Default-JButton-for-a-form
  5) https://intellij-support.jetbrains.com/hc/en-us/community/posts/360000366919-Add-JScrollPane-to-GUI-Form
  6) https://intellij-support.jetbrains.com/hc/en-us/community/posts/206926855-JTextField-in-UI-Designer
- StackOverFlow for JList https://stackoverflow.com/questions/30009226/add-item-to-jlist-in-intellij-idea
- Introduction to Algorithms 3rd edition Cormen Leiserson Rivest Stein Cap.4 Divide and Conquer