SOFTWARE DI INTERPRETAZONE DATI DI TOMOGRAFIA SONICA E ULTRASONICA

BOVIAR

sistemi integrati per la diagnostica e il monitoraggio

DIST

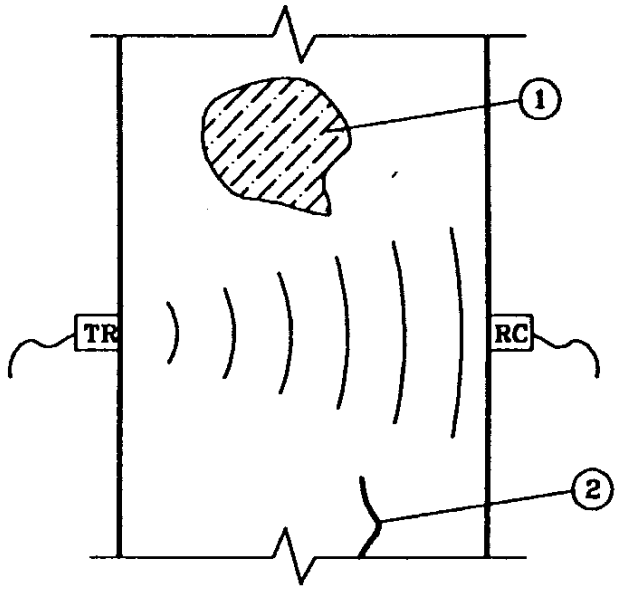
Dipartimento di Ingegneria Strutturale

Diee

Università degli Studi di Cagliari

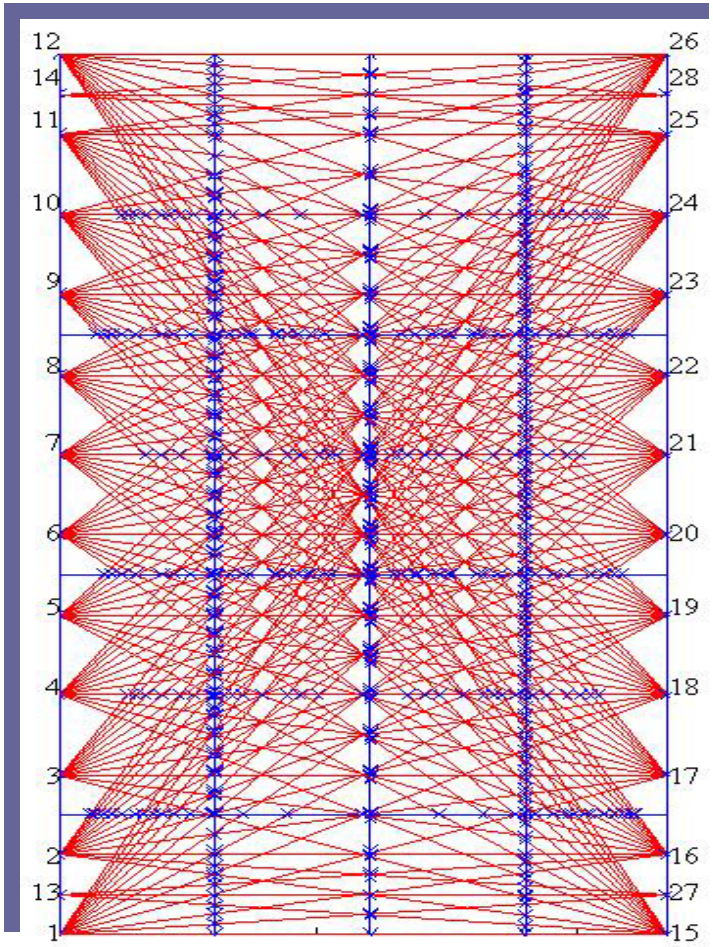
TOMOGRAFIA SONICA / ULTRASONICA

Rappresenta la naturale evoluzione della tecnica di trasmissione diretta o “per trasparenza”



analisi per trasparenza
TR = dispositivo (sonda) emittente
RC = Dispositivo (sonda) ricevente
1-2 = disomogeneità rilevabili da una più o meno marcata opacità locale nella trasmissione delle vibrazioni

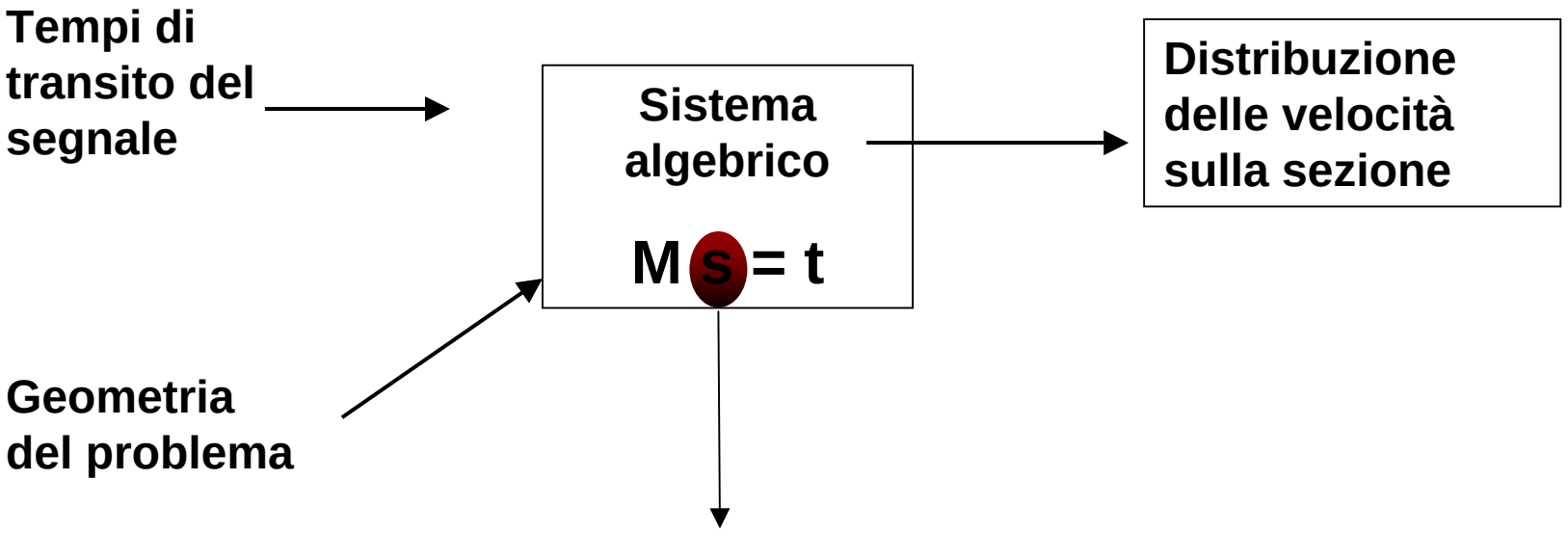
TOMOGRAFIA *SONICA / ULTRASONICA*



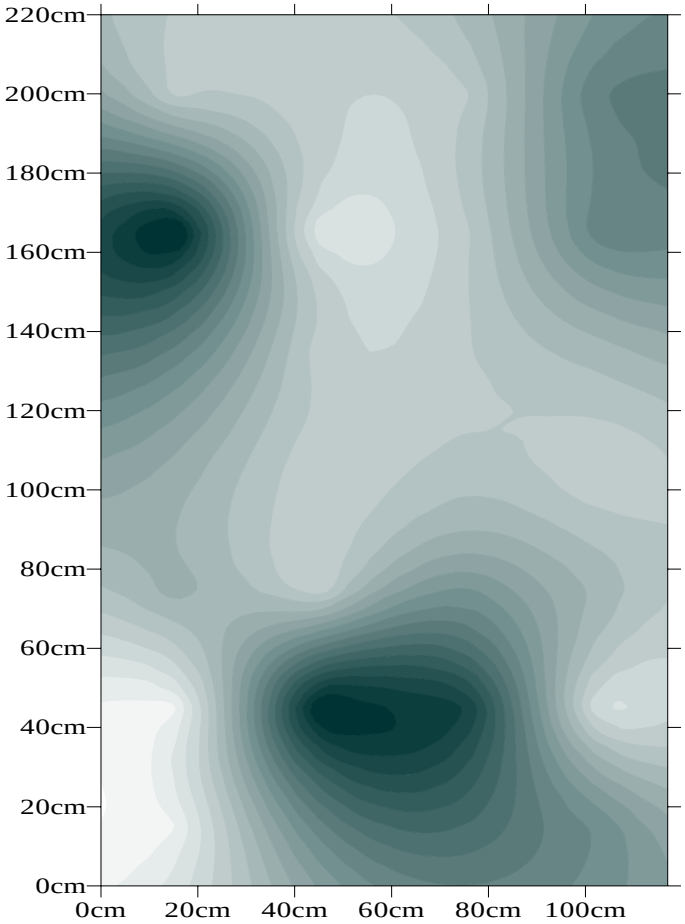
I segnali emessi da più sorgenti vengono acquisiti da più ricevitori, disposti in modo tale da consentire l'esecuzione di un elevato numero di misure del tempo di transito dei segnali che viaggiano lungo percorsi a diversa inclinazione e che mutuamente si incrociano su sezioni piane della struttura

TOMOGRAFIA SONICA / ULTRASONICA

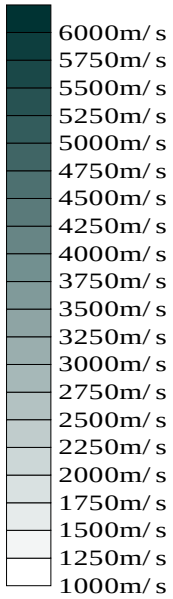
Ciò consente di impostare un sistema algebrico, le cui incognite sono costituite dalle velocità del segnale nei nodi di un reticolo disposto sulla sezione piana del mezzo contente le sorgenti e i ricevitori



TOMOGRAFIA SONICA / ULTRASONICA



Tomografia verticale



Velocità

La tomografia consente di determinare la distribuzione della velocità su sezioni piane dell'oggetto indagato

Colonna in calcare

TOMOGRAFIA SONICA / ULTRASONICA

Il grado di risoluzione del metodo dipende dalle distanze tra sorgenti e ricevitori, dal passo di misura, dalla copertura angolare, mediante le traiettorie, della sezione investigata

Il problema tomografico e' un problema particolarmente complesso dal punto di vista matematico, in quanto gli algoritmi risolutivi sono non deterministici

Pertanto, nella risoluzione del problema e' necessario fornire un tool che preveda l'utilizzo di differenti algoritmi risolutivi ed un tool di supporto per l'interpretazione dei risultati in output

IL SOFTWARE

Il software Boviar è un software di interpretazione delle misure di tempi di transito di segnali sonici/ultrasonici

Il software ottimizza il modello di inversione dei dati, restituendo accurati modelli di velocità sonica/ultrasonica e rilevandone i gradienti nella sezione tomografica analizzata

Il risultato è dato da una sezione di velocità soniche/ultrasoniche reale ricostruita con precisione (nelle due dimensioni), con possibilità di selezionare le scale di tonalità dei colori per evidenziare in modo ottimale le anomalie presenti nell'oggetto

I risultati possono essere restituiti in forma di curve di isovelocità o di fasce di colore

IL SOFTWARE

Il software utilizza dati raccolti tramite la centralina multicanale TDAS, che potranno essere convertiti nel suo formato in modo automatico, nonché dati provenienti da qualsiasi altro strumento di acquisizione di segnali acustici

Apparecchiatura avanzata multicanale per rilievi sonici ed ultrasonici "TDAS"

IL SOFTWARE

I dati di partenza utilizzati dal software sono segnali del tipo:

Finestra di visualizzazione dei segnali acquisiti dall'apparecchiatura avanzata multicanale per rilievi sonici ed ultrasonici "TDAS" (software di acquisizione TDAS_ SOFT)

IL SOFTWARE

Input:
Geometria Oggetto
Posizione sorgente (coordinate x, y)
Posizione ricevitori (coordinate x, y)

Il software effettua l'inversione completa 2D di dati di tempi di transito di segnali sonici/ultrasonici secondo il presente diagramma a blocchi

Calcola:
Mesh (larghezza – altezza pixel)
Lunghezza delle traiettorie su ogni pixel
Matrice delle traiettorie

Risolve:

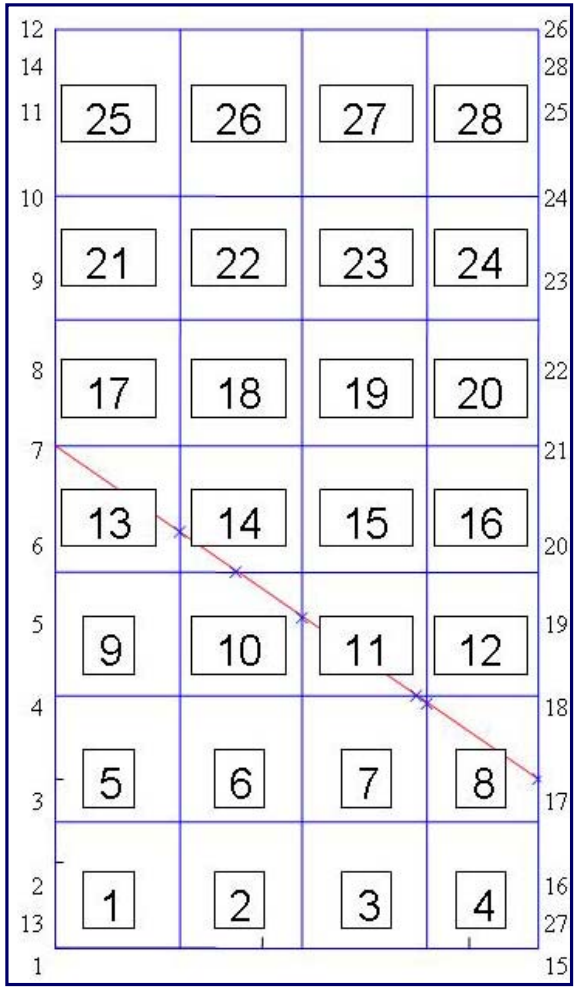
$$l \cdot \frac{1}{v} = t \Rightarrow l \cdot s = t$$

dove: $l \in R^{n \times m}, s \in R^{m \times 1}, t \in R^{n \times 1}$

Algoritmi utilizzati:
Singolar **V**alue **D**ecomposition
Singolar **V**alue **D**ecomposition **R**egolarizzata
Algebric **R**econstruction **T**echnique
Simultaneous **R**econstruction **T**echnique
Gradiente Bicondizionato

Output:
Mappa delle velocità

IL SOFTWARE



L'algoritmo iterativo di inversione esegue la risoluzione del seguente sistema lineare

$$l_{7_17,7} \cdot s_7 + l_{7_17,8} \cdot s_8 + l_{7_17,10} \cdot s_{10} + l_{7_17,11} \cdot s_{11} + l_{7_17,13} \cdot s_{13} + l_{7_17,14} \cdot s_{14} = t_{75}$$

$$\sum_{j=1}^{n} l_{ij} s_j = t_i \qquad \textbf{i=1,…,m}$$

$$s = \begin{pmatrix} s_1 \\ s_2 \\ \dots \\ s_n \end{pmatrix} \qquad t = \begin{pmatrix} t_1 \\ t_2 \\ \dots \\ t_n \end{pmatrix} \qquad M = \begin{pmatrix} l_{11} & l_{12} & \dots & l_{1n} \\ l_{21} & l_{22} & \dots & l_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ l_{m1} & l_{m2} & \dots & l_{mn} \end{pmatrix}$$

IL SOFTWARE

L’adozione di differenti algoritmi consente un’analisi di sensitività che aiuta l’utente nell’interpretazione della soluzione e nella valutazione della presenza di difetti

Ai fini dell’ottimizzazione della mappa di velocità sonica/ultrasonica il software prevede dunque l’utilizzo di differenti algoritmi risolutivi:

Singolar **V**alue **D**ecomposition (SVD)

Singolar **V**alue **D**ecomposition **R**egolarizzata (SVDR)

Algebric **R**econstruction **T**echnique (ART)

Simultaneous **R**econstruction **T**echnique (SIRT)

Gradiente Bicondizionato

Esempio di modello finale di velocità sonica realizzato mediante algoritmo SIRT

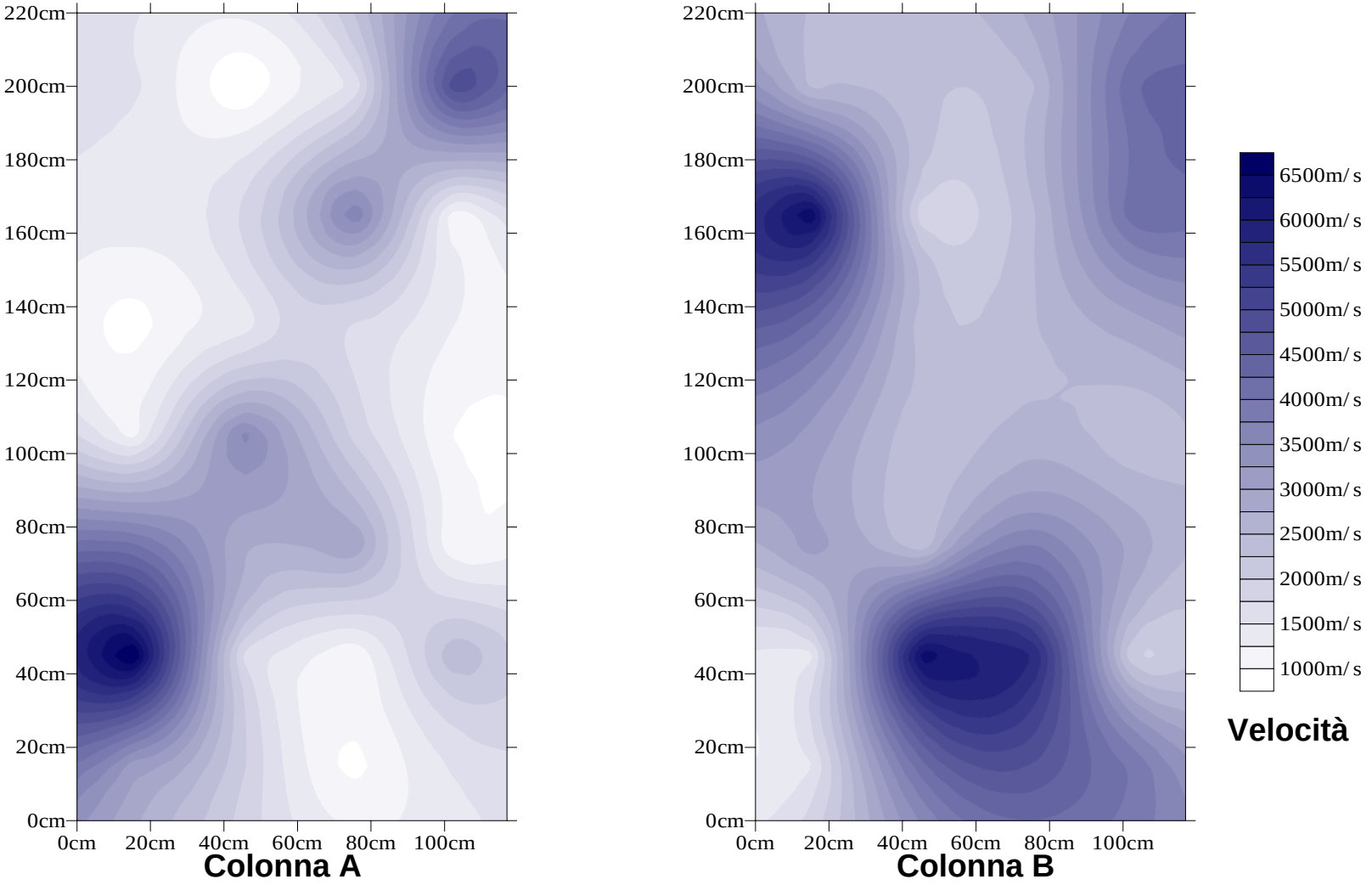
Esecuzione di tomografia sonica su due colonne in pietra calcarea

Colonna A

Colonna B

Colonne in pietra calcarea

Tomografia eseguita su una sezione verticale di dimensioni 120 x 220 cm



RISULTATI

La tomografia sonica eseguita sulle due colonne mostra valori di velocità complessivamente compresi in un range piuttosto ampio: 750-6500 m/s

La dispersione delle velocità è indice della presenza di materiali con caratteristiche mineralogico-petrografiche variabili e con diverso livello di degrado superficiale

La mappa di velocità relativa alla colonna 2 non lascia supporre carenze di natura elastomeccanica dei materiali

Nel caso della colonna 1, la presenza in alcune zone di valori di velocità inferiori a 1000 m/s evidenzia la presenza di anomalie imputabili anche alla presenza di discontinuità interne (giunti, fratture, materiale di qualità scadente)

WORK IN PROGRESS

Confronto delle risposte dei diversi algoritmi implementati mediante test sia su dati sintetici sia su strutture reali

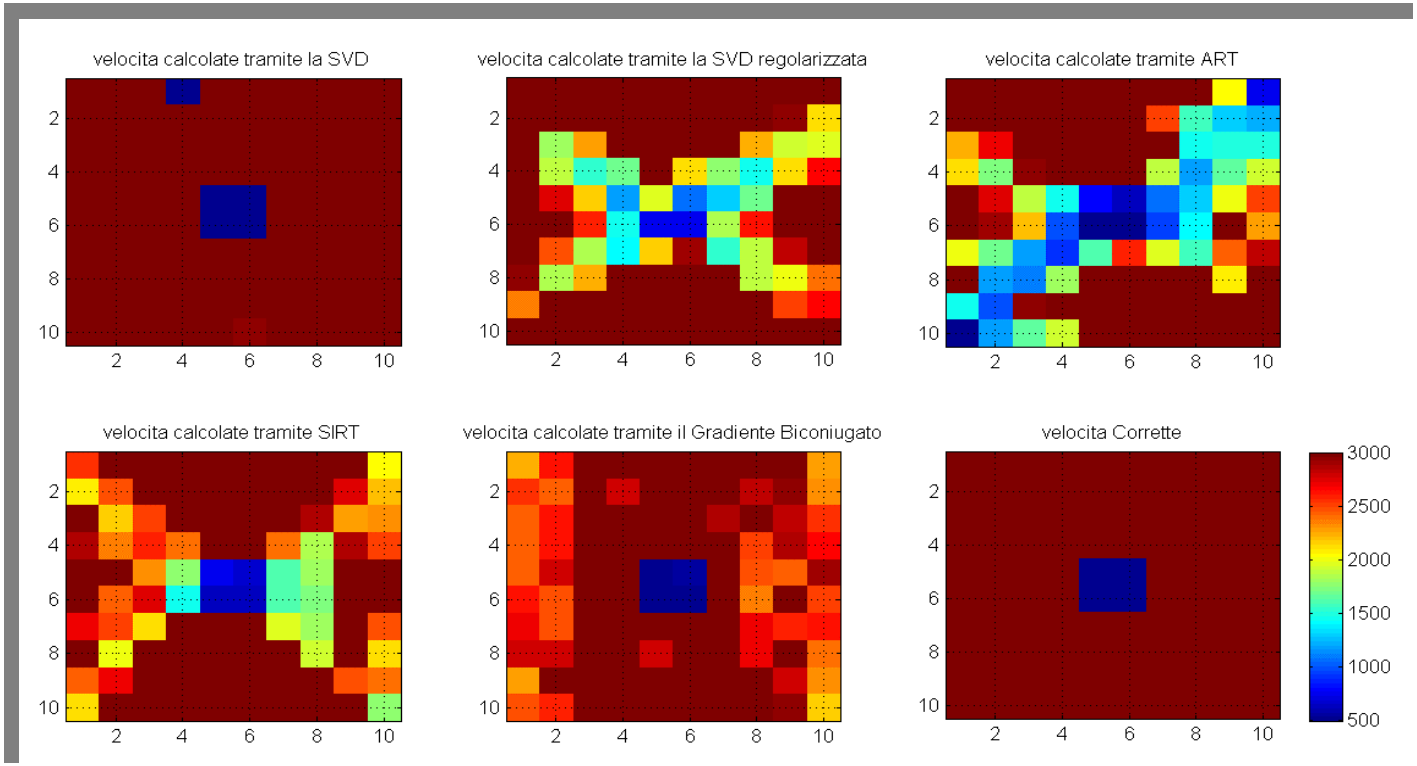
Analisi degli effetti dovuti alle condizioni al contorno (rumore dovuto agli strumenti di acquisizione, ai cavi, alle modalità di acquisizione)

Taratura di opportune soglie per l'interpretazione dei risultati

Implementazione di metodi di decision fusion per il supporto alla decisione

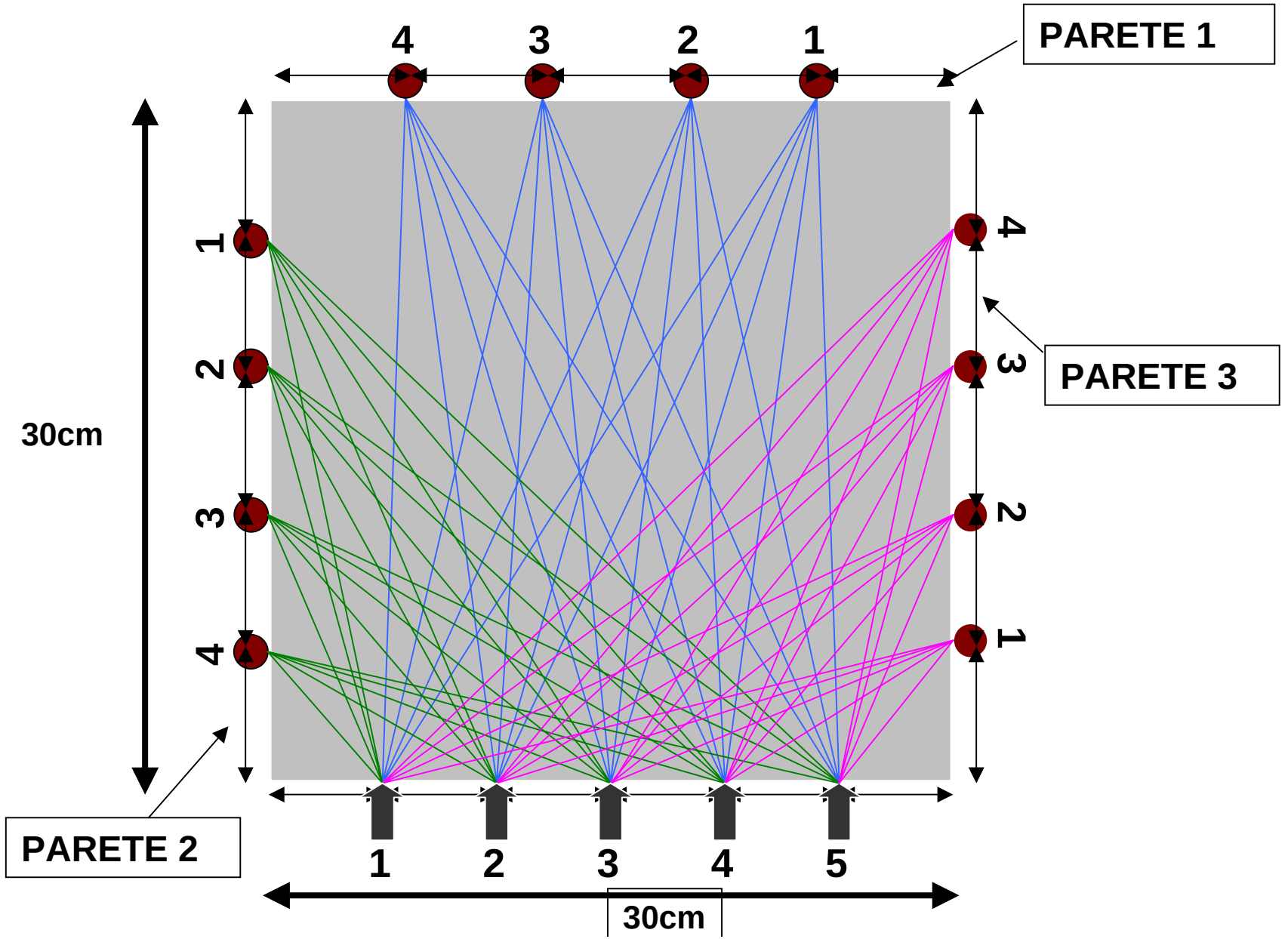
Confronto delle risposte dei diversi algoritmi implementati mediante test sia su dati sintetici sia su strutture reali

PROVE SU DATI SINTETICI

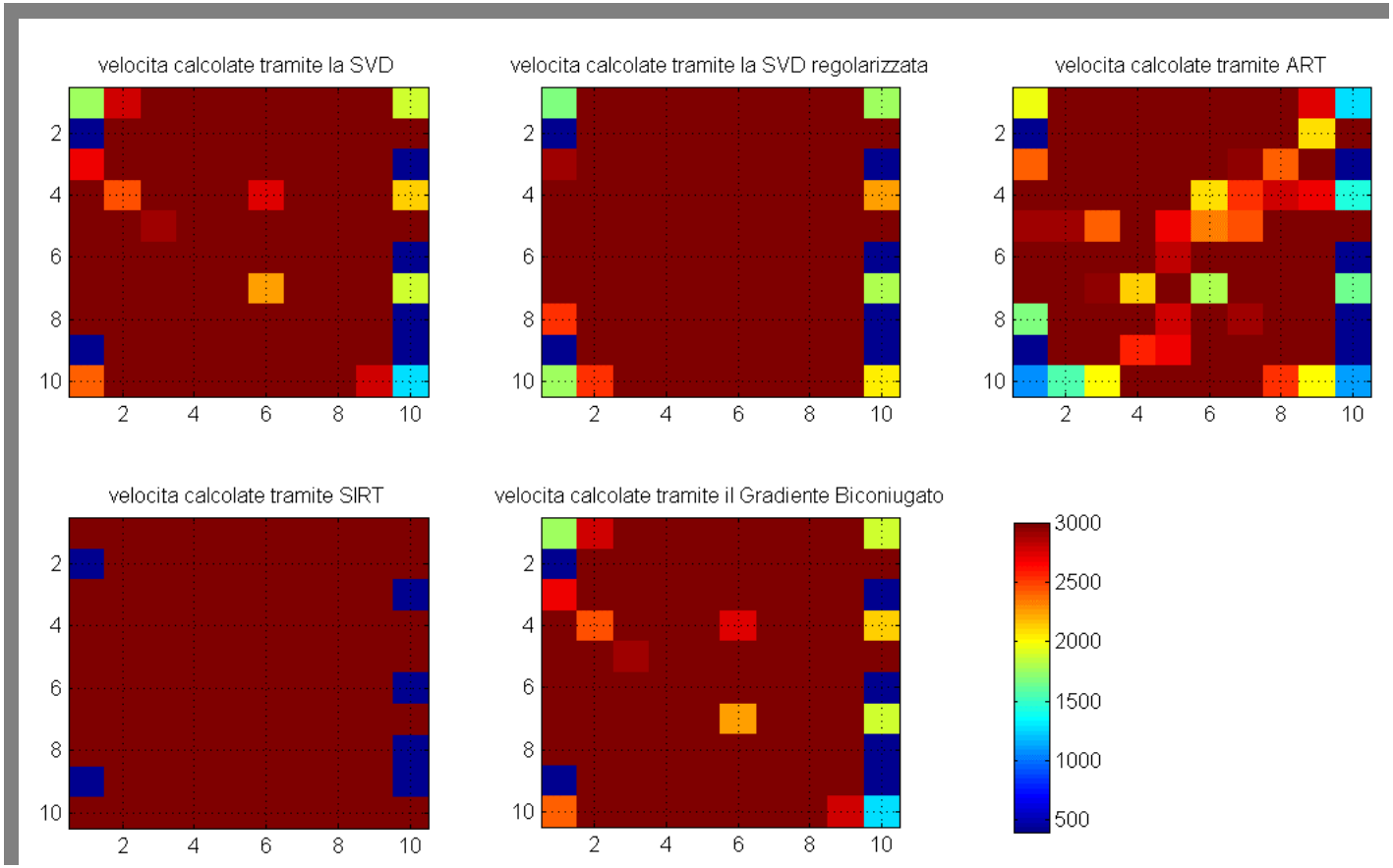


Risultati dell'algoritmo calcolato per dati sintetici rappresentanti un pilastro in calcestruzzo con anomalia centrale di velocità pari a 500 m/s.
I dati simulano una misura in configurazione tomografica a 5 trasmettitori e 5 ricevitori.

PROVE SU DATI REALI: PILASTRO IN C.A.

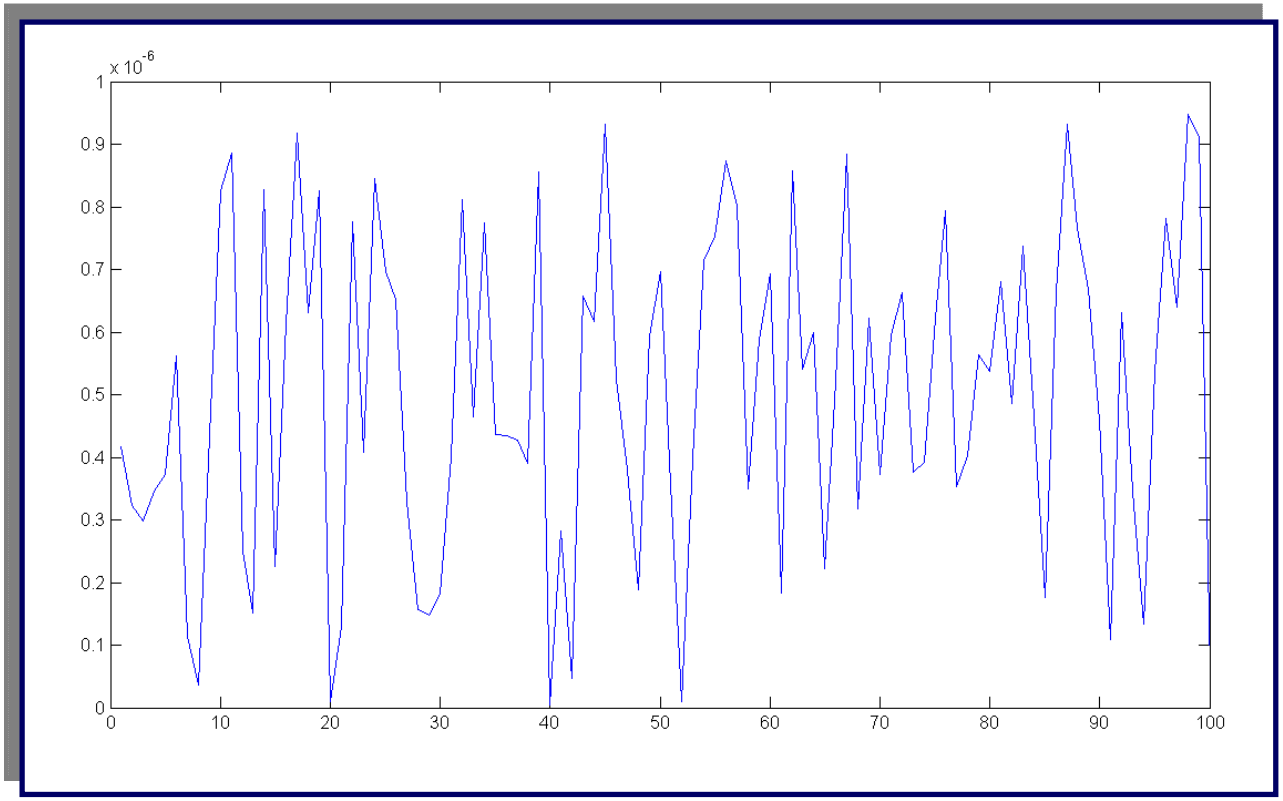


PROVE SU DATI REALI: PILASTRO IN C.A.
RISULTATI



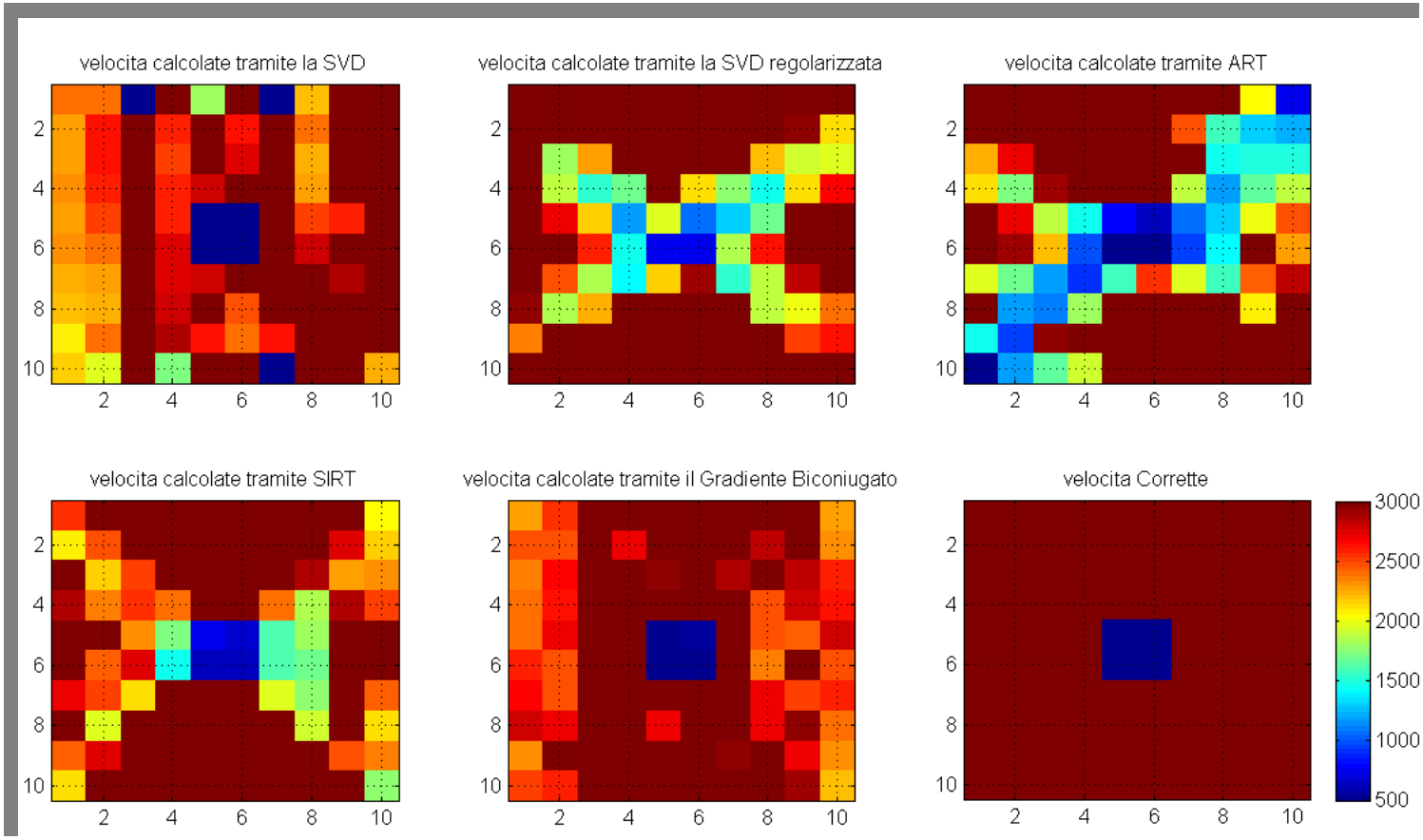
Analisi degli effetti dovuti alle condizioni al contorno (rumore dovuto agli strumenti di acquisizione, ai cavi, alle modalità di acquisizione)

AGGIUNTA DI RUMORE AI DATI SINTETICI: RUMORE ALL'1%

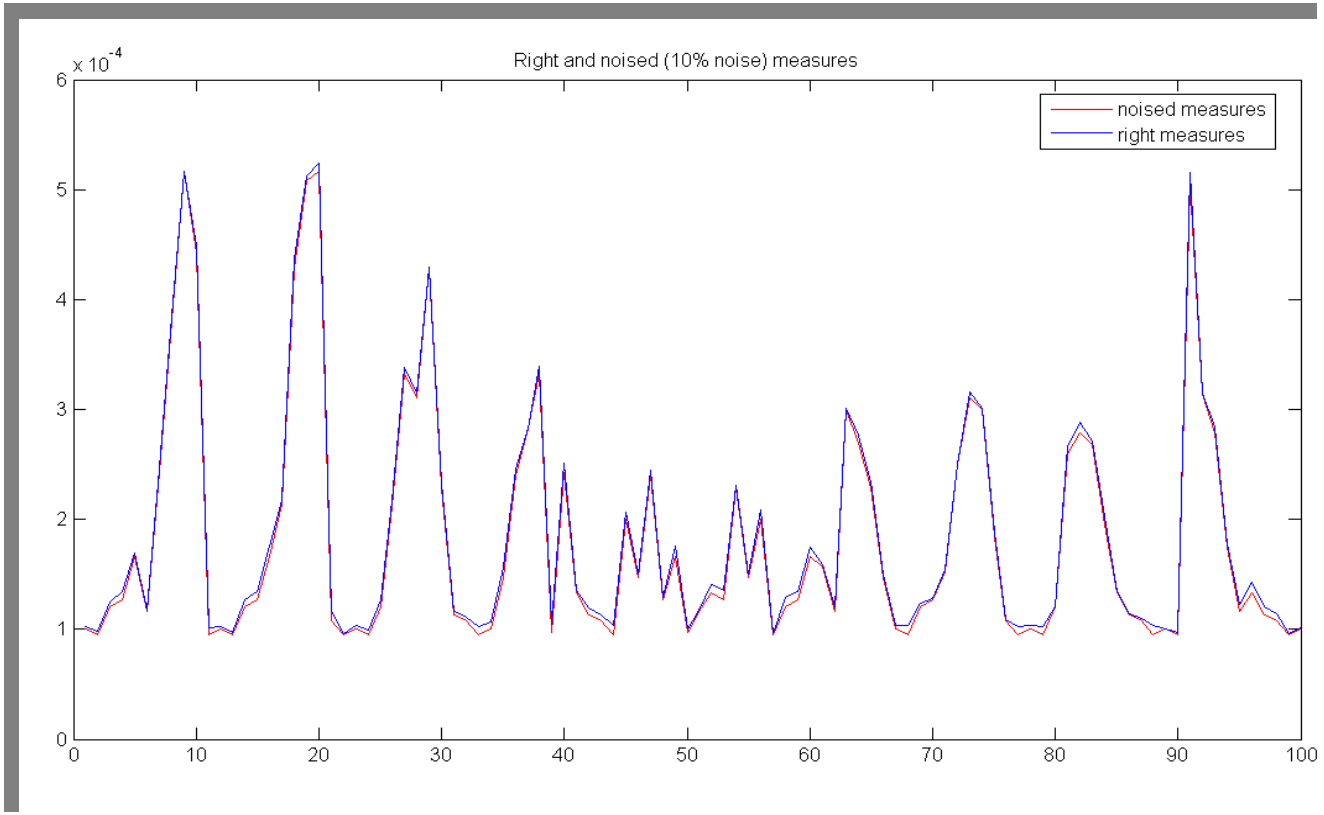


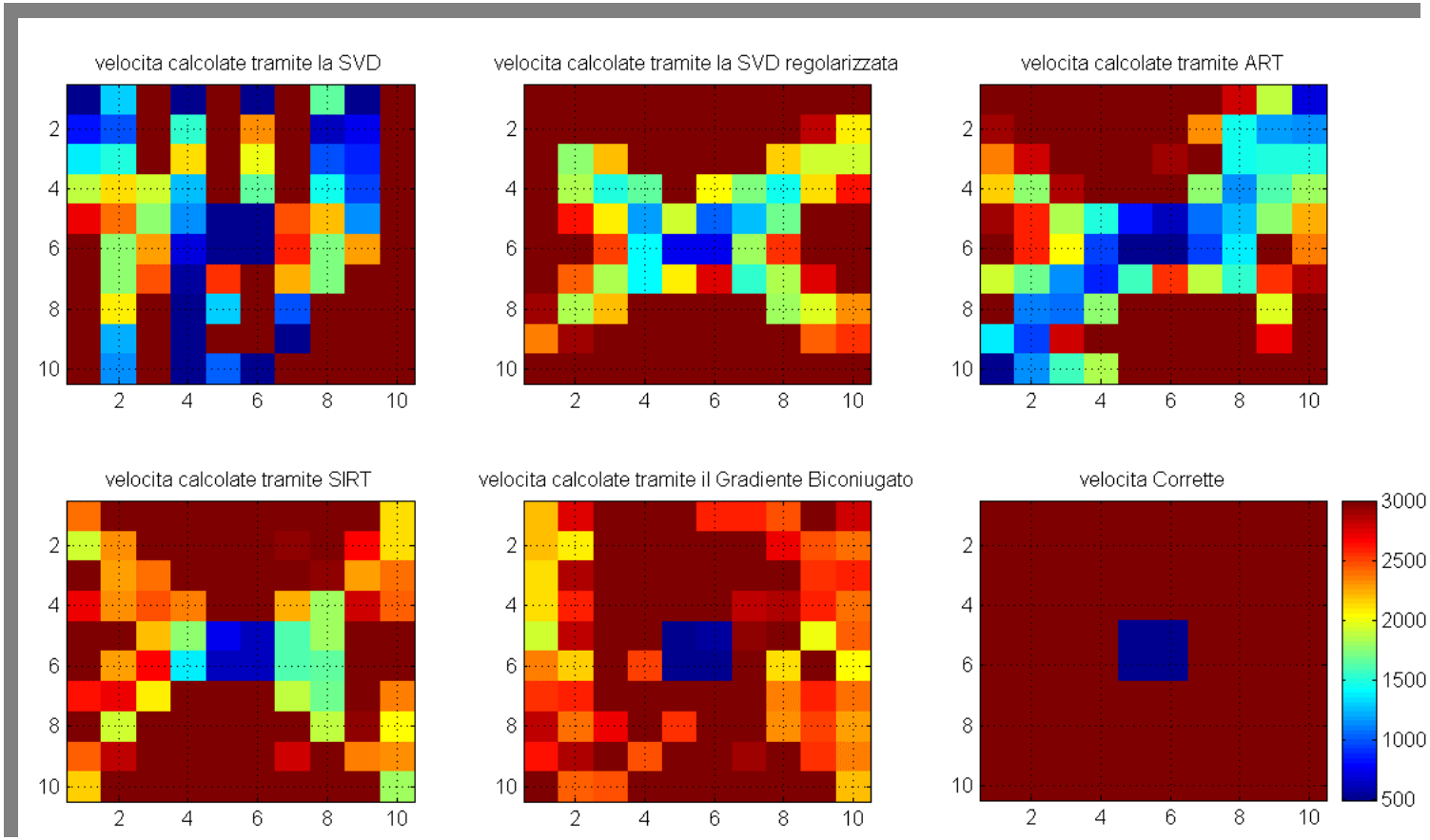
Rumore casuale dell'ordine dell'1% del tempo minimo simulato aggiunto ai dati sintetici

AGGIUNTA DI RUMORE AI DATI SINTETICI: RUMORE ALL'1% RISULTATI



AGGIUNTA DI RUMORE AI DATI SINTETICI: RUMORE AL 10%



Confronto tra dati corretti e dati affetti da rumore casuale dell'ordine del 10% del tempo minimo simulato

AGGIUNTA DI RUMORE AI DATI SINTETICI: RUMORE AL 10% RISULTATI