

Regolarizzazione dello spettro

Due pagine di allegato che ci fanno pensare



<http://www.robetodigirolamo.engineer>

Ing. Roberto Di Girolamo - Via G. di Giovanni 10B - Camerino (MC) - rdigirolamo@tin.it - +393356394081

1



Regolarizzazione

- › Alla fine della procedura di Risposta Sismica Locale, metodo principale per capire l'amplificazione locale secondo quanto previsto dal capitolo 3.2.2 delle NTC2018, si ottiene lo spettro medio di risposta che i molti programmi strutturali non sono in grado di importare o molti ingegneri non hanno mai fatto una tale procedura e non sono avvezzi ad inserire i dati dello spettro in maniera numerica.
- › Gli spettri da normativa dipendono da parametri indipendenti a_g, T_C^*, F_0 dati dalla norma, altri ξ fissati dal progettista e T_B, T_C, T_D, S_S, S_T dipendenti dai precedenti.

Ing. Roberto Di Girolamo - Via G. di Giovanni 10B - Camerino (MC) - rdigirolamo@tin.it - +393356394081

2



Regolarizzazione

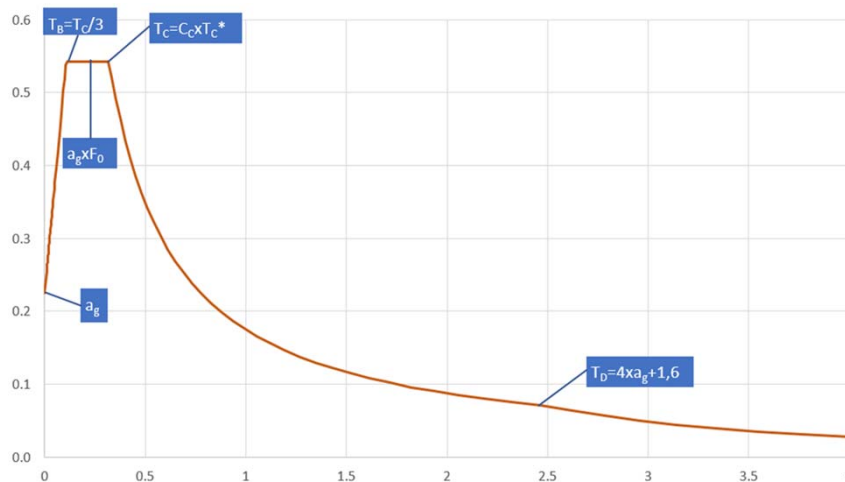
- › La procedura permette di trasformare lo spettro elastico di risposta, risultato delle simulazioni numeriche (output), in uno spettro con forma standard (NTC, 2018), costituita da un ramo con accelerazione crescente lineare, un ramo ad accelerazione costante, ed un ramo in cui l'accelerazione decresce con $1/T$ e quindi con velocità costante.

Ing. Roberto Di Girolamo - Via G. di Giovanni 10B - Camerino (MC) - rdigirolamo@tin.it - +393356394081

3



Regolarizzazione

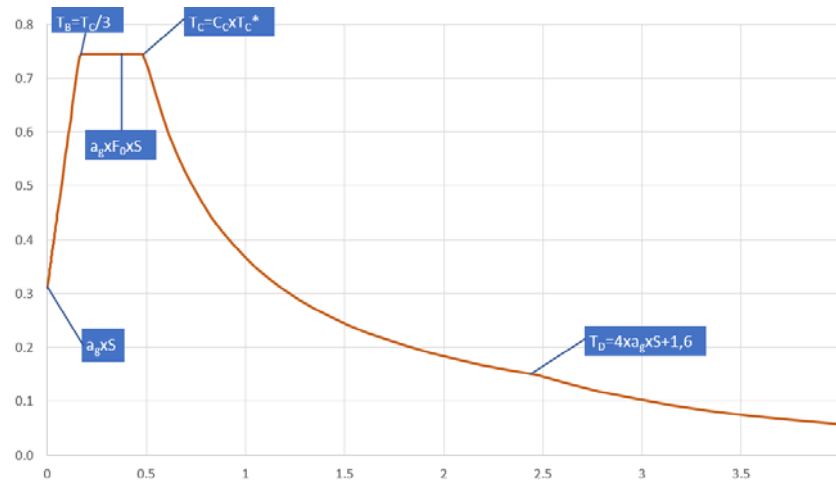


Ing. Roberto Di Girolamo - Via G. di Giovanni 10B - Camerino (MC) - rdigirolamo@tin.it - +393356394081

4



Regolarizzazione



Ing. Roberto Di Girolamo - Via G. di Giovanni 10B - Camerino (MC) - rdigirolamo@tin.it - +393356394081

5



Regolarizzazione – passo1

- › Dalla Risposta Sismica Locale si calcola lo spettro in pseudoaccelerazione (SA) si determina il periodo (TA) per il quale si ha il massimo dello spettro stesso.

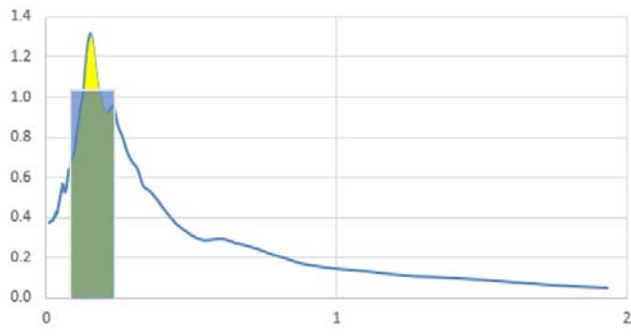
Ing. Roberto Di Girolamo - Via G. di Giovanni 10B - Camerino (MC) - rdigirolamo@tin.it - +393356394081

6



Regolarizzazione – passo 2

- › Si calcola il valore medio dello spettro (SA_m) nell'intorno del massimo TA tra $0,5 \cdot TA$ e $1,5 \cdot TA$, questo sarà assunto come valore del tratto ad accelerazione costante dello spettro standard:



$$SA_m = \frac{1}{TA} \cdot \int_{0,5 \cdot TA}^{1,5 \cdot TA} SA(T) dT$$

Ing. Roberto Di Girolamo - Via G. di Giovanni 10B - Camerino (MC) - rdigirolamo@tin.it - +393356394081

7



Regolarizzazione – passo 3

- › Si determina lo spettro in pseudovelocità (SV) a partire da quello di accelerazione, di determina altresì il massimo di tale valore in pseudovelocità:

$$SV(T) = SA(T) \cdot \frac{T}{2\pi}$$

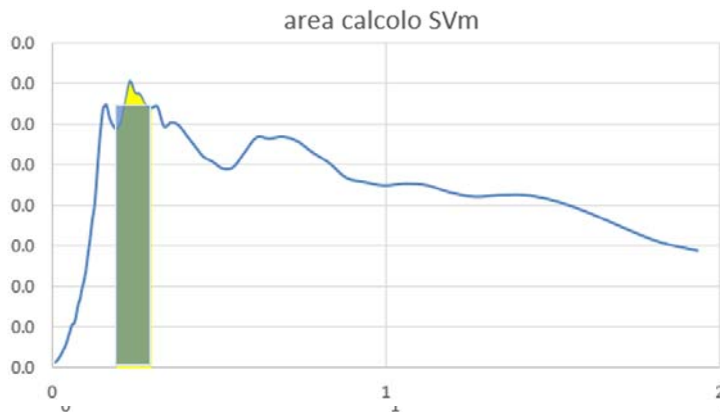
Ing. Roberto Di Girolamo - Via G. di Giovanni 10B - Camerino (MC) - rdigirolamo@tin.it - +393356394081

8



Regolarizzazione – passo 4

- › Si calcola il valore medio dello spettro (SV_m) nell'intorno di TV tra $0.8 \cdot TV$ e $1.2 \cdot TV$



$$SV_m = \frac{1}{0,4 \cdot TV} \cdot \int_{0,8 \cdot TV}^{1,2 \cdot TV} SV(T) dT$$

Ing. Roberto Di Girolamo - Via G. di Giovanni 10B - Camerino (MC) - rdigirolamo@tin.it - +393356394081

9



Regolarizzazione – passo 5

- › Si determina il periodo proprio in corrispondenza del quale si incontrano i due rami dello spettro ad accelerazione costante e velocità costante:

$$T_C = 2 \cdot \pi \cdot \frac{SV_m}{SA_m}$$

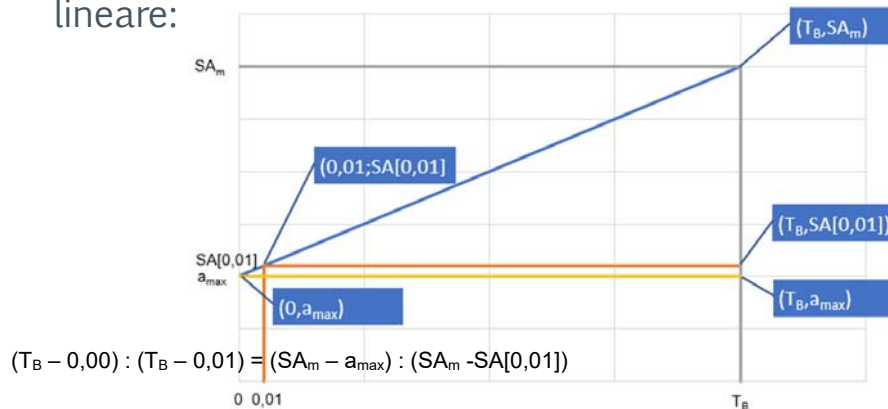
Ing. Roberto Di Girolamo - Via G. di Giovanni 10B - Camerino (MC) - rdigirolamo@tin.it - +393356394081

10



Regolarizzazione – passo 6

- › Poiché il valore di a_{max} non è fornito nello spettro delle simulazioni numeriche si procede per estrapolazione lineare:



Ing. Roberto Di Girolamo - Via G. di Giovanni 10B - Camerino (MC) - rdigirolamo@tin.it - +393356394081

11



Regolarizzazione – passo 6

$$(T_B - 0,00) : (T_B - 0,01) = (SA_m - a_{max}) : (SA_m - SA[0,01])$$

$$\frac{(SA_m - SA[0,01]) \cdot T_B}{T_B - 0,01} = (SA_m - a_{max})$$

$$a_{max} = SA_m - \frac{(SA_m - SA[0,01]) \cdot T_B}{T_B - 0,01}$$

$$a_{max} = SA_m - \frac{(SA_m - SA[0,01]) \cdot T_B}{\left(1 - \frac{0,01}{T_B}\right) \cdot T_B}$$

$$a_{max} = \frac{SA_m \cdot \left(1 - \frac{0,01}{T_B}\right) - (SA_m - SA[0,01])}{\left(1 - \frac{0,01}{T_B}\right)}$$

$$a_{max} = \frac{SA_m - SA_m \cdot \left(\frac{0,01}{T_B}\right) - SA_m + SA[0,01]}{\left(1 - \frac{0,01}{T_B}\right)}$$

$$a_{max} = \frac{SA_m}{\left(1 - \frac{0,01}{T_B}\right)} \cdot \left[\frac{SA[0,01]}{SA_m} - \left(\frac{0,01}{T_B}\right) \right] \quad (5)$$

Ing. Roberto Di Girolamo - Via G. di Giovanni 10B - Camerino (MC) - rdigirolamo@tin.it - +393356394081

12



Regolarizzazione – passo 7

› Si determinano $T_B = T_C/3$ e $T_D = 4 \cdot a_{\max} + 1.6$



Regolarizzazione – passo 8

› Si applicano le equazioni da NTC 2018 per la determinazione dei tratti dello spettro tra 0 s, T_B , T_C , T_D , 4 s.

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$



Regolarizzazione – passo 9

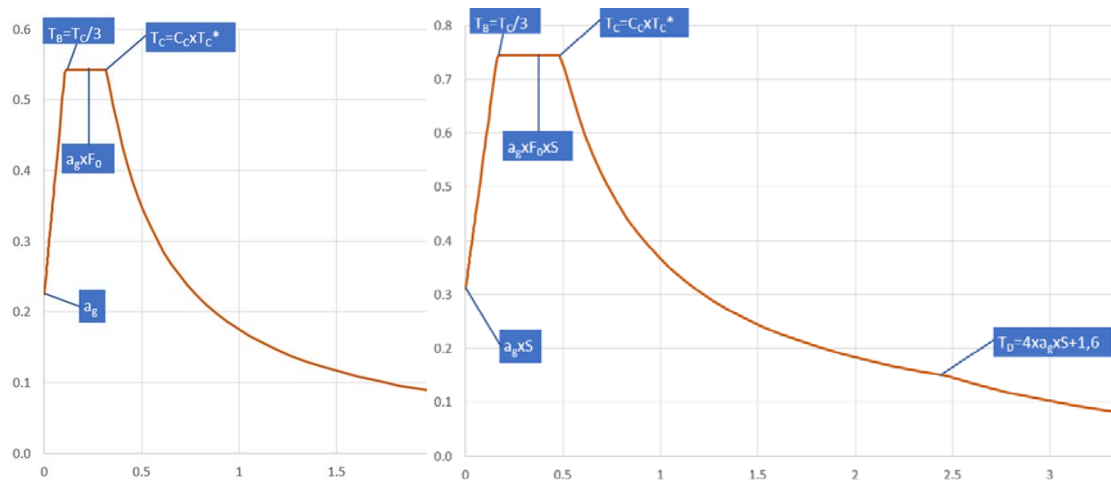
- › Si determina F_0 di output come rapporto fra SA_m e a_{max} , mentre il parametro S_s , di amplificazione stratigrafica, come rapporto fra a_{max} e a_g (ovvero accelerazione del sito su roccia, terreno A).
- › È importante controllare sempre che il valore di F_0 sia maggiore di 2,2 così come previsto dalle NTC al punto 3.2.3.2.1, altrimenti bisogna imporre manualmente tale valore.

Ing. Roberto Di Girolamo - Via G. di Giovanni 10B - Camerino (MC) - rdigirolamo@tin.it - +393356394081

15



Regolarizzazione – passo 8



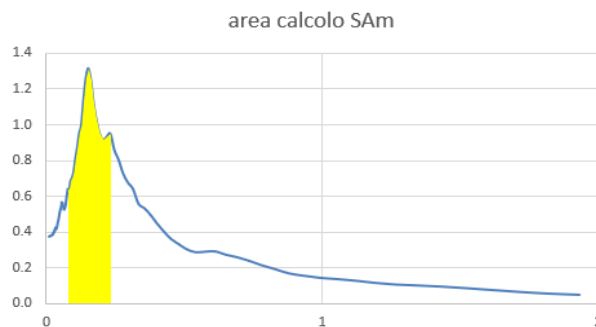
Ing. Roberto Di Girolamo - Via G. di Giovanni 10B - Camerino (MC) - rdigirolamo@tin.it - +393356394081

16



Regolarizzazione – problema 1 siamo di fronte ad una funzione discreta

- › Al passo n. 2 si calcola il valore medio dello spettro (SA_m) nell'intorno del massimo TA tra $0,5 \cdot TA$ e $1,5 \cdot TA$, questo sarà assunto come valore del tratto ad accelerazione costante dello spettro standard:



$$SA_m = \frac{1}{TA} \cdot \int_{0,5 \cdot TA}^{1,5 \cdot TA} SA(T) dT$$

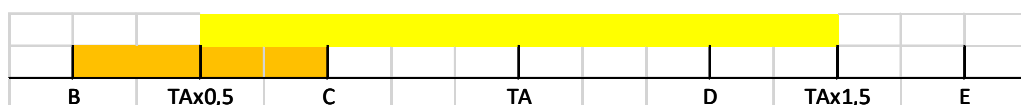
Ing. Roberto Di Girolamo - Via G. di Giovanni 10B - Camerino (MC) - rdigirolamo@tin.it - +393356394081

17



Regolarizzazione – problema 1 siamo di fronte ad una funzione discreta

- › Questo vuol dire che sicuramente il punto di massimo della curva discreta avrà un valore TA , mentre è altamente improbabile che il valore di $0,5 \cdot TA$ e $1,5 \cdot TA$ siano dei punti, ma sicuramente essi capiteranno fra due punti:



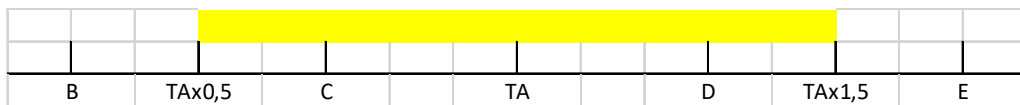
Ing. Roberto Di Girolamo - Via G. di Giovanni 10B - Camerino (MC) - rdigirolamo@tin.it - +393356394081

18



Regolarizzazione – problema 1 siamo di fronte ad una funzione discreta

- > Il calcolo dell'integrale, area, dovrà essere scomposto:
- > AI = area tra TAx0,5/C
- > A = area tra C/D
- > AF = area tra TAx1,5/E



- > I valori di FA(TAx0,5) e FA(TAx1,5) devono essere trovati con interpolazione lineare.

Ing. Roberto Di Girolamo - Via G. di Giovanni 10B - Camerino (MC) - rdigirolamo@tin.it - +393356394081

19

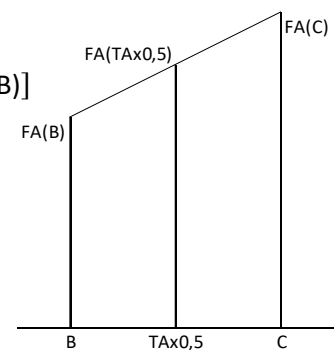


Regolarizzazione – problema 1 siamo di fronte ad una funzione discreta

- > I valori di FA(TAx0,5) e FA(TAx1,5) devono essere trovati con interpolazione lineare.

$$[T(C) - T(0,5xTA)] : [T(C) - T(B)] = [FA(C) - FA(0,5xTA)] : [FA(C) - FA(B)]$$

$$FA(0,5xTA) = \frac{[T(C) - T(0,5xTA)] \times [S(C) - S(B)]}{[T(C) - T(B)]}$$



Ing. Roberto Di Girolamo - Via G. di Giovanni 10B - Camerino (MC) - rdigirolamo@tin.it - +393356394081

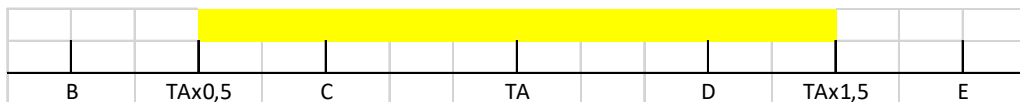
20



Regolarizzazione – problema 1 siamo di fronte ad una funzione discreta

> Il problema visto per il grafico delle accelerazioni è duale per quello delle velocità, pertanto lo stesso problema deve essere risolto anche nel calcolo di quell'integrale (area).

> NB: da simulazioni fatte l'errore prendendo i valori discreti può essere anche del 5% - 10% nell'altezza del pianerottolo, positivo o negativa a seconda se si prendono i valori più interni o più esterni.



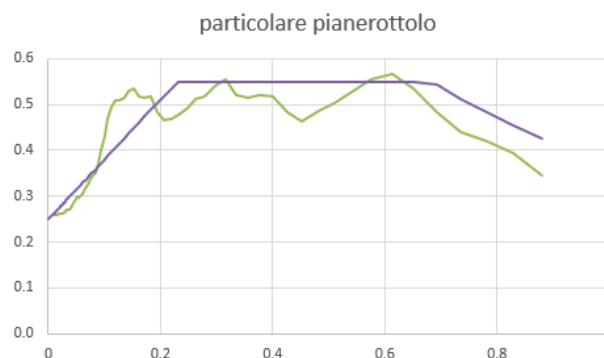
Ing. Roberto Di Girolamo - Via G. di Giovanni 10B - Camerino (MC) - rdigirolamo@tin.it - +393356394081

21



Regolarizzazione – problema 2 pianerottolo troppo corto

> Se il pianerottolo sembra corto rispetto alla costruzione standard e lascia fuori una parte dello spettro, come ad esempio qua sotto:



Ing. Roberto Di Girolamo - Via G. di Giovanni 10B - Camerino (MC) - rdigirolamo@tin.it - +393356394081

22



Regolarizzazione – problema 2 pianerottolo troppo corto

- › Ingegneristicamente si può modificare la lunghezza del pianerottolo per avere maggiore copertura, tale modifica viene fatta, però tenendo fermo il punto a_{max} trovato in precedenza.
- › Tale impostazione è importante perché altrimenti, imponendo come punto fisso il primo punto noto dalla analisi STRATA ($T=0,01$), allungando il pianerottolo aumenta la pendenza e tenendo fissa la accelerazione al periodo $T = 0,01$ diminuirebbe la a_{max} , per questo si è preferito tenere fermo il punto a_{max} e cambiare la pendenza del primo tratto dello spettro.

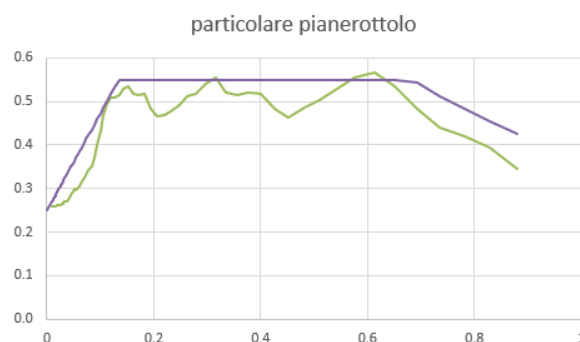
Ing. Roberto Di Girolamo - Via G. di Giovanni 10B - Camerino (MC) - rdigirolamo@tin.it - +393356394081

23



Regolarizzazione – problema 2 pianerottolo troppo corto

- › Se il pianerottolo sembra corto rispetto alla costruzione standard e lascia fuori una parte dello spettro, come ad esempio qua sotto:



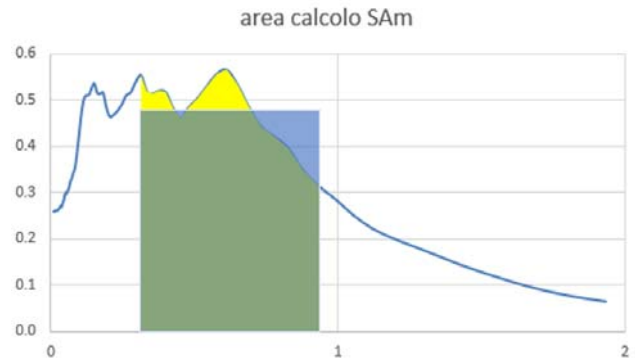
Ing. Roberto Di Girolamo - Via G. di Giovanni 10B - Camerino (MC) - rdigirolamo@tin.it - +393356394081

24



Regolarizzazione – problema 3 presenza di più picchi

- › Nel caso di presenza di più picchi la media a cavallo del massimo potrebbe non essere corretta infatti come si vede dall'esempio sotto riportato:



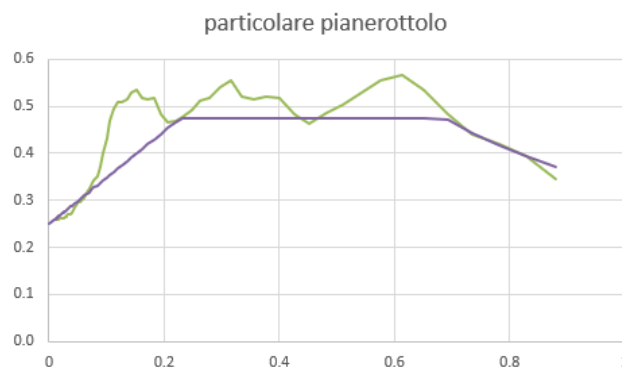
Ing. Roberto Di Girolamo - Via G. di Giovanni 10B - Camerino (MC) - rdigirolamo@tin.it - +393356394081

25



Regolarizzazione – problema 3 presenza di più picchi

- › Nel caso di presenza di più picchi la media a cavallo del massimo potrebbe non essere corretta infatti come si vede dall'esempio sotto riportato:



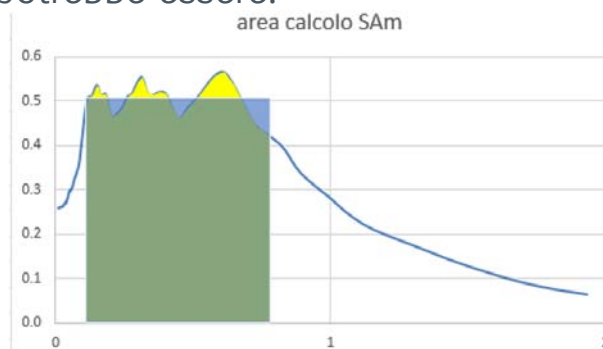
Ing. Roberto Di Girolamo - Via G. di Giovanni 10B - Camerino (MC) - rdigirolamo@tin.it - +393356394081

26



Regolarizzazione – problema 3 presenza di più picchi

In tale caso la normalizzazione fa una media su una zona che potrebbe non è significativa, pertanto bisogna considerare l'integrale che tiene conto dei massimi un metodo potrebbe essere:



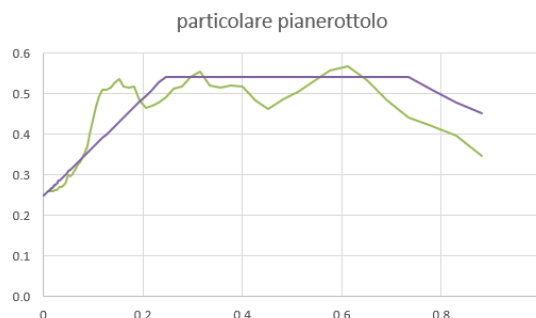
Ing. Roberto Di Girolamo - Via G. di Giovanni 10B - Camerino (MC) - rdigirolamo@tin.it - +393356394081

27



Regolarizzazione – problema 3 presenza di più picchi

L'integrale e la media relativa prende in considerazione i massimi e fa la "lisciatura" di questi massimi e prende come limiti sx e dx il minimo fra i minimi relativi, ovvero il valore discreto più piccolo e più grande.



Ing. Roberto Di Girolamo - Via G. di Giovanni 10B - Camerino (MC) - rdigirolamo@tin.it - +393356394081

28



ESEMPI – Fine quinta parte

<http://www.robertodigirolamo.engineer>



Ing. Roberto Di Girolamo - Via G. di Giovanni 10B - Camerino (MC) - rdigirolamo@tin.it - +393356394081

29