

# ANALISI STATISTICA DEI RISULTATI OTTENUTI

In questo capitolo analizzeremo i risultati ottenuti utilizzando i diversi script in matlab elaborati nel capitolo terzo per la determinazione della superficie del ventricolo sinistro e della funzione distanza con segno realizzati per validare il metodo semiautomatico di detezione dei contorni endocardici. Per fare questo confronteremo, attraverso analisi di regressione e di Bland-Altman, i contorni ottenuti da tale procedura con quelli tracciati manualmente da due esperti cardiologi

## **4.1 Analisi statistica stime metodo “level set” e manual tracing**

In questo paragrafo condurremo una analisi per validare la procedura semiautomatica di detezione dei contorni basata su metodi “level set” oggetto del nostro studio.

Dopo aver segmentato le 20 immagini ecografiche del data set abbiamo determinato due coefficienti di conversione **C1** e **C2**. Moltiplicandoli per il numero di pixel contenuti nei contorni stimati dalla procedura di segmentazione abbiamo ottenuto delle aree confrontabili con quelle stimate dai tracciamenti manuali espresse in  $\text{cm}^2$ . Questa procedura si è resa necessaria, come abbiamo visto nel paragrafo 3.5, perché le dimensioni delle immagini con i manual tracing risultavano diverse da quelle delle immagini ecografiche originali.

I coefficienti di conversione trovati sono due perché disponevamo di due dati relativi all’area di scansione **A1** nelle immagini del manual tracing, una misurata ed una calcolata (si veda il paragrafo 3.5, pagina 140).

Per ognuna delle due stime, una ottenuta utilizzando il coefficiente **C1** e una utilizzando il coefficiente **C2**, abbiamo condotto un’analisi di regressione e di Bland Altman. Per valutare l’accuratezza del metodo di segmentazione.

Come valori di riferimento delle nostre analisi abbiamo preso le medie dei valori stimati dai tracciamenti manuali dei due esperti cardiologi (si veda la tabella 4-1).

Nelle pagine seguenti riportiamo i grafici relativi alle analisi di regressione e di Bland Altman riportando le tabelle con i valori utilizzati per effettuare il loro tracciamento.

<b>Id Immagine</b>	<b>Val. medio stime MT</b>	<b>Area da confrontare 1</b>	<b>Area da confrontare 2</b>
	(cm <sup>2</sup> )	Area Level Set*C1 (cm <sup>2</sup> )	Area Nuovo Level Set*C2 (cm <sup>2</sup> )
102_24_4_151	14,62	15,96	15,83
102_24_4_205	35,24	32,77	32,88
102_25_5_207	12,17	12,83	12,96
103_7_1_75	13,21	14,08	14,53
103_7_5_242	17,34	17,44	17,84
103_14_1_49	27,72	26,09	26,89
103_14_1_58	12,62	13,15	13,40

104_19_1_129	24,72	24,28	24,14
104_19_3_194	27,88	25,63	25,71
104_19_3_203	14,88	13,62	13,71
105_0_1_91	33,73	31,09	30,99
105_0_1_100	16,81	15,07	15,39
105_13_5_20	30,41	29,62	29,78
105_13_5_29	14,15	13,50	13,56
121_6_3_130	23,89	22,65	23,04
121_6_3_139	16,35	14,29	14,52
124_19_4_212	15,51	15,90	15,90
124_19_4_219	26,26	24,17	24,33
127_16_1_48	31,58	30,67	30,64
127_16_1_54	23,76	22,80	22,83

<b>STDEV 1</b>	<b>STDEV 2</b>
<b>0,8985</b>	<b>0,8844</b>

*Tabella 4-1: In tabella riportiamo i valori delle medie delle aree stimate dai due manual tracing e i valori corrispondenti, per ogni immagine, stimati dalla procedura di segmentazione da validare. A seconda che si utilizzi il coefficiente di conversione C1 o C2 abbiamo aree leggermente diverse. Riportiamo anche i valori delle deviazioni standard calcolate*

<b>Id Immagine</b>	<b>Differenza LevelSet 1 -MT</b>	<b>Errore Perc. 1</b>	<b>Differenza LevelSet 2-MT</b>	<b>Errore Perc. 2</b>
	cm^2		cm^2	
102_24_4_151	1,343127	9,2%	1,207420	8,3%
102_24_4_205	-2,465756	-7,0%	-2,356261	-6,7%
102_25_5_207	0,669000	5,5%	0,792395	6,5%
103_7_1_75	0,871993	6,6%	1,318816	10,0%
103_7_5_242	0,098762	0,6%	0,503786	2,9%
103_14_1_49	-1,625260	-5,9%	-0,832985	-3,0%
103_14_1_58	0,532212	4,2%	0,784207	6,2%
104_19_1_129	-0,435765	-1,8%	-0,584310	-2,4%
104_19_3_194	-2,252949	-8,1%	-2,174623	-7,8%

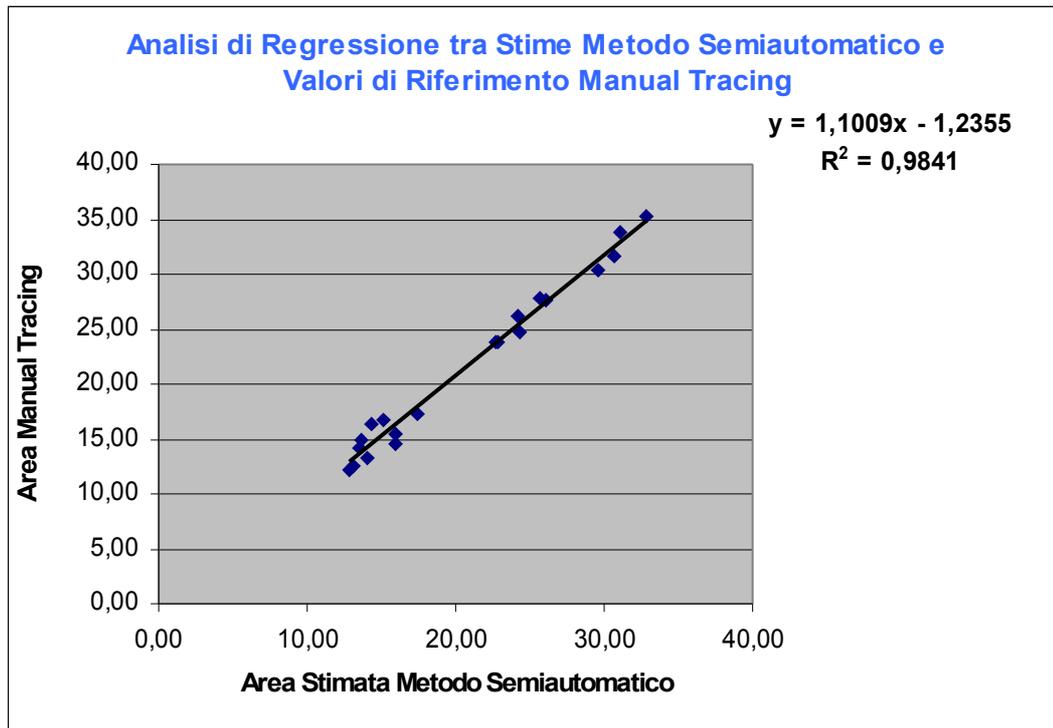
104_19_3_203	-1,263768	-8,5%	-1,172117	-7,9%
105_0_1_91	-2,644867	-7,8%	-2,739298	-8,1%
105_0_1_100	-1,742203	-10,4%	-1,423954	-8,5%
105_13_5_20	-0,786674	-2,6%	-0,634178	-2,1%
105_13_5_29	-0,650565	-4,6%	-0,585540	-4,1%
121_6_3_130	-1,236225	-5,2%	-0,846181	-3,5%
121_6_3_139	-2,057134	-12,6%	-1,829292	-11,2%
124_19_4_212	0,390798	2,5%	0,392028	2,5%
124_19_4_219	-2,093607	-8,0%	-1,927851	-7,3%
127_16_1_48	-0,912883	-2,9%	-0,941592	-3,0%
127_16_1_54	-0,959866	-4,0%	-0,924481	-3,9%
	<b>Errore Medio Percentuale:</b>	<b>-3,0%</b>	<b>Errore Medio Percentuale:</b>	<b>-2,2%</b>
	<b>SD</b>	<b>6,0%</b>	<b>SD</b>	<b>6,2%</b>

*Tabella 4-2: differenze tra i valori stimati dalla procedura di segmentazione, e i valori delle medie dei due manual tracing. Con Level set 1 e Level set 2 abbiamo indicato, rispettivamente, i valori ottenuti utilizzando il coefficiente C1 e utilizzando il coefficiente C2.*

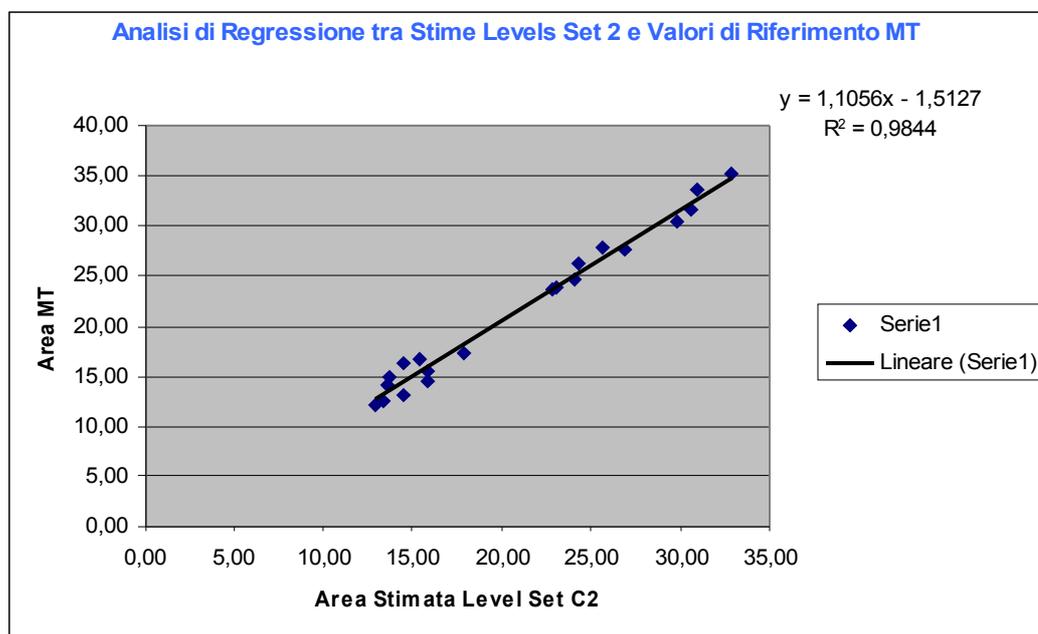
<b>Id Immagine</b>	<b>LS1-MT (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>LS2-MT (cm<sup>2</sup>)</b>
102_24_4_151	1,343127	1,207420
102_24_4_205	-2,465756	-2,356261
102_25_5_207	0,669000	0,792395
103_7_1_75	0,871993	1,318816
103_7_5_242	0,098762	0,503786
103_14_1_49	-1,625260	-0,832985
103_14_1_58	0,532212	0,784207
104_19_1_129	-0,435765	-0,584310
104_19_3_194	-2,252949	-2,174623
104_19_3_203	-1,263768	-1,172117
105_0_1_91	-2,644867	-2,739298
105_0_1_100	-1,742203	-1,423954
105_13_5_20	-0,786674	-0,634178
105_13_5_29	-0,650565	-0,585540
121_6_3_130	-1,236225	-0,846181

121_6_3_139	-2,057134	-1,829292
124_19_4_212	0,390798	0,392028
124_19_4_219	-2,093607	-1,927851
127_16_1_48	-0,912883	-0,941592
127_16_1_54	-0,959866	-0,924481
	<b>Valor Medio:</b>	<b>Valor Medio:</b>
	<b>-0,861081</b>	<b>-0,698701</b>
	<b>Deviazione Standard:</b>	<b>Deviazione Standard:</b>
	<b>1,196118</b>	<b>1,204609</b>
	Valor Medio + SD	Valor Medio + SD
	<b>0,335036</b>	<b>0,505908</b>
	Valor Medio - SD	Valor Medio - SD
	<b>-2,057199</b>	<b>-1,903310</b>
	Valor Medio + 1.96SD	Valor Medio + 1.96SD
	<b>1,483309</b>	<b>1,662333</b>
	Valor Medio - 1.96SD	Valor Medio - 1.96SD
	<b>-3,205472</b>	<b>-3,059734</b>

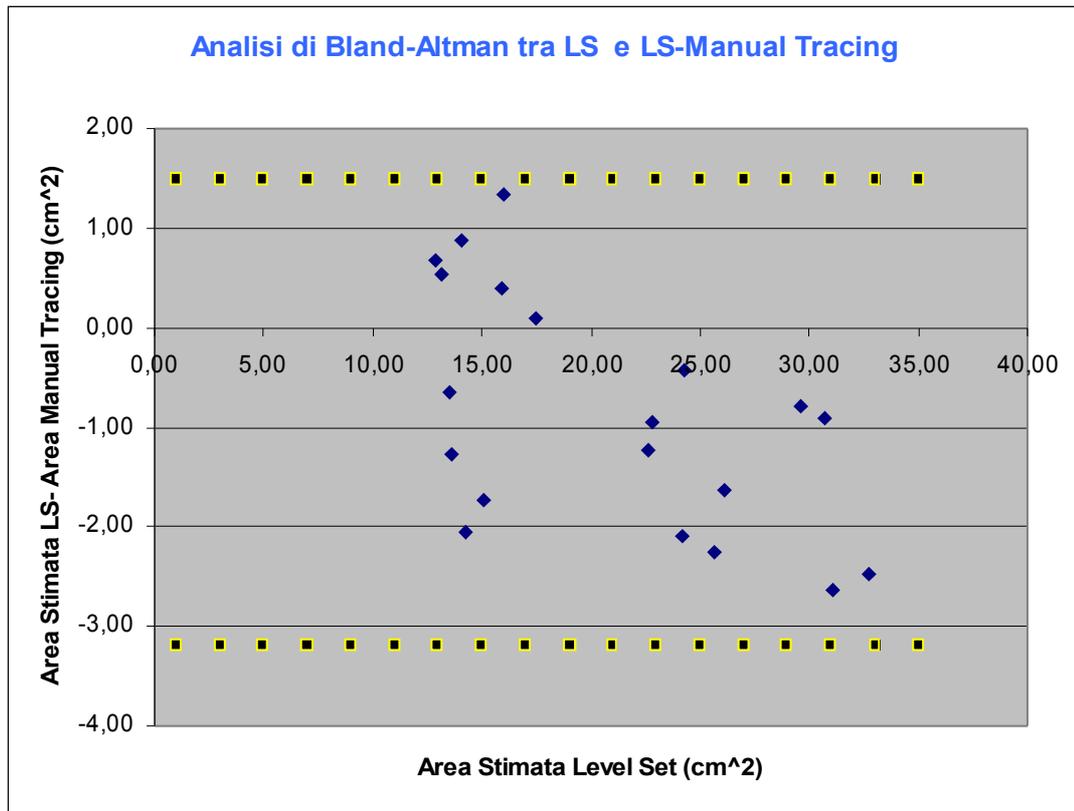
*Tabella 4-3: Calcolo della deviazione standard e degli estremi dell'intervallo da utilizzare per le analisi di Bland Altman.*



**Grafico 4-1: Analisi di Regressione tra le stime delle aree del ventricolo sinistro ottenute con la procedura di segmentazione e convertite usando il coefficiente C1 e i valori medi delle stime dei due manual tracing. La procedura di segmentazione sovrastima i valori di riferimento infatti il termine noto nella retta di regressione è negativo ( $q=-1,2355$ ). I valori comunque risultano tutti vicini alla retta indicando la bontà della procedura. L'indice di correlazione R risulta essere prossimo a 1**

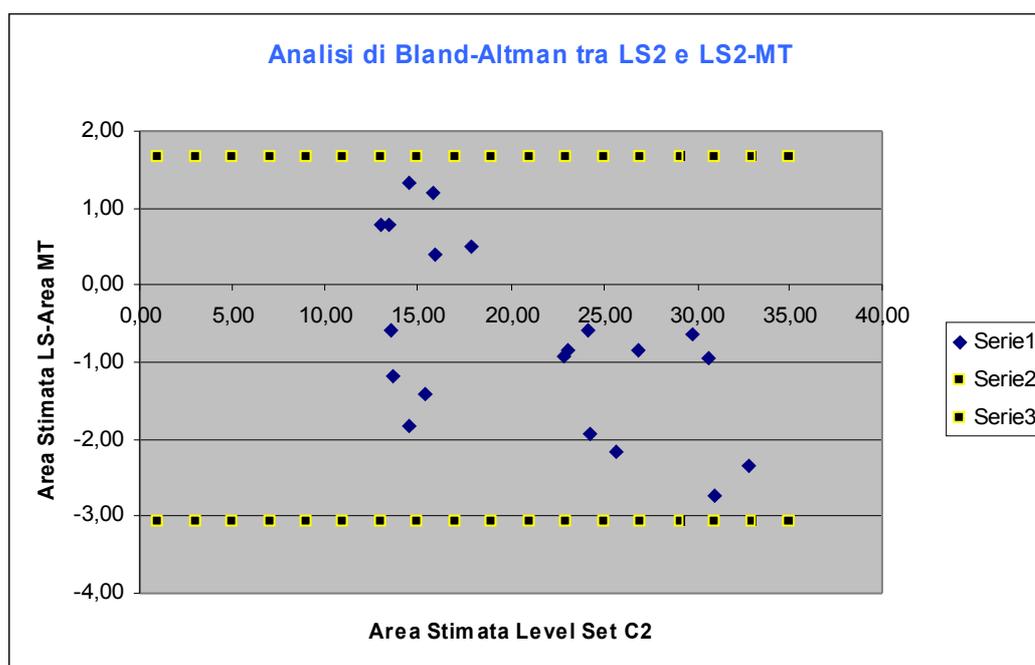


**Grafico 4-2: Analisi di Regressione tra le stime delle aree del ventricolo sinistro ottenute con la procedura di segmentazione e convertite usando il coefficiente C2 e i valori medi delle stime dei due manual tracing. La procedura di segmentazione sovrastima, come nel caso precedente, i valori di riferimento infatti il termine noto nella retta di regressione è negativo ( $q=-1,5127$ ). In questo caso, rispetto al precedente, l'errore di sovrastima è maggiore del precedente quindi risulterebbe migliore la stima ottenuta con il coefficiente C1. I valori comunque risultano tutti vicini alla retta di regressione indicando la bontà della procedura. Anche in questo caso l'indice di correlazione risulta molto vicino all'unità.**



**Grafico 4-3: Analisi di Bland Altman tra le stime delle aree del ventricolo sinistro ottenute con la procedura di segmentazione e convertite usando il coefficiente C1 e i valori medi delle stime dei due manual tracing. Tutti i valori cadono all'interno dell'intervallo dato dal valor medio della differenza tra l'area stimata dal metodo LevelSet e i manual tracing più e meno 1.96SD. Quindi il metodo risulta essere accurato**

<b>Valor Medio:</b>
<b>-0,861081</b>
<b>Deviazione Standard:</b>
<b>1,196118</b>
Valor Medio + SD
<b>0,335036</b>
Valor Medio - SD
<b>-2,057199</b>
Valor Medio + 1.96SD
<b>1,483309</b>
Valor Medio - 1.96SD
<b>-3,205472</b>



**Grafico 4-4: Analisi di Bland Altman tra le stime delle aree del ventricolo sinistro ottenute con la procedura di segmentazione e convertite usando il coefficiente C2 e i valori medi delle stime dei due manual tracing. Tutti i valori cadono all'interno dell'intervallo dato dal ValorMedio della differenza tra l'area stimata dal metodo Leve set e i manual tracing più e meno 1.96SD. Quindi il metodo risulta essere accurato**

<b>Valor Medio:</b>
<b>-0,698701</b>
<b>Deviazione Standard:</b>
<b>1,204609</b>
Valor Medio + SD
<b>0,505908</b>
Valor Medio - SD
<b>-1,903310</b>
Valor Medio + 1.96SD
<b>1,662333</b>
Valor Medio - 1.96SD
<b>-3,059734</b>

## 4.2 Analisi statistica stime script “TrovareaMT.m”

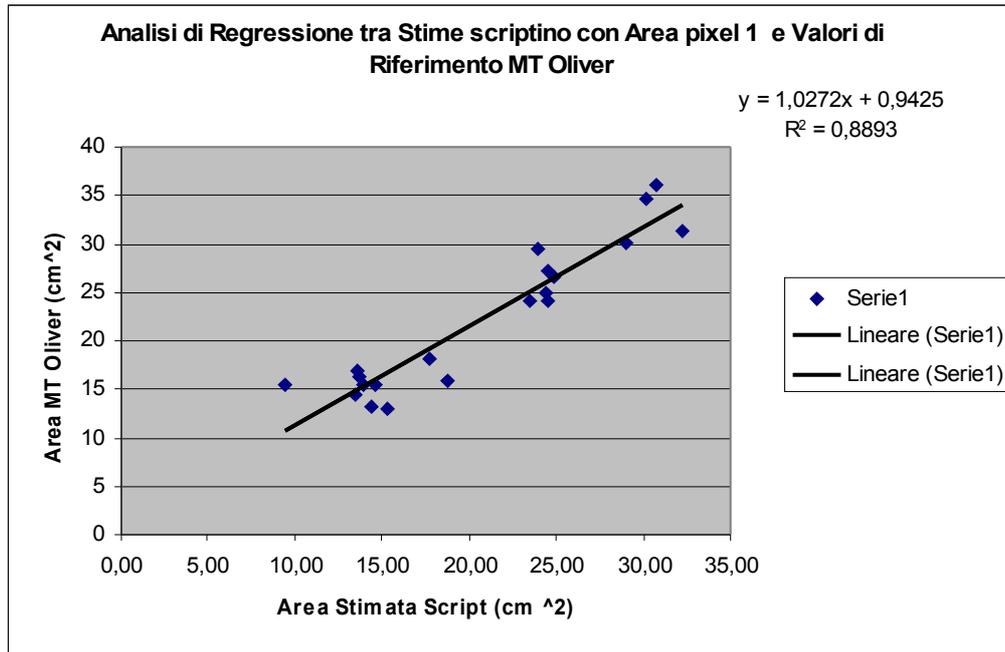
Come abbiamo descritto nel paragrafo 3.6, la procedura “trovareaMT” è stata applicata a tutte le 20 immagini dei tracciamenti manuali di uno dei due cardiologi. Una volta ottenuto il numero di pixel racchiuso dai contorni per effettuare le nostre valutazioni abbiamo dovuto risalire alle aree espresse in  $\text{cm}^2$ . Per fare questo abbiamo dovuto calcolare l’area di un pixel nelle immagini dei manual tracing. Per valutare l’accuratezza del nostro programma, abbiamo condotto una analisi statistica effettuando una analisi di regressione ed una analisi di Bland Altman.

Il confronto è stato quindi effettuato tra l’area stimata con lo script in matlab e l’area riportata nelle immagini del manual tracing. Il grafico dell’analisi di regressione presenta sull’asse delle ascisse i valori delle aree stimate con lo script mentre sull’asse delle ordinate riporta l’area indicata sul manual tracing. Il grafico dell’analisi di Bland Altman riporta sull’asse delle ascisse l’area stimata dallo script mentre sull’asse delle ordinate abbiamo la differenza tra l’area stimata e l’area di riferimento riportata sulle immagini del tracciamento manuale. Questa analisi è stata effettuata utilizzando entrambe le due stime ottenute a partire dalle diverse aree dei pixel. I risultati finali della nostra analisi (si vedano i grafici e le tabelle seguenti) indicano che le due stime sono entrambe accurate e sottostimano i valori di riferimento. Inoltre utilizzando l’area 2 (ovvero l’area totale calcolata diviso il numero di pixel) si commette un errore minore.

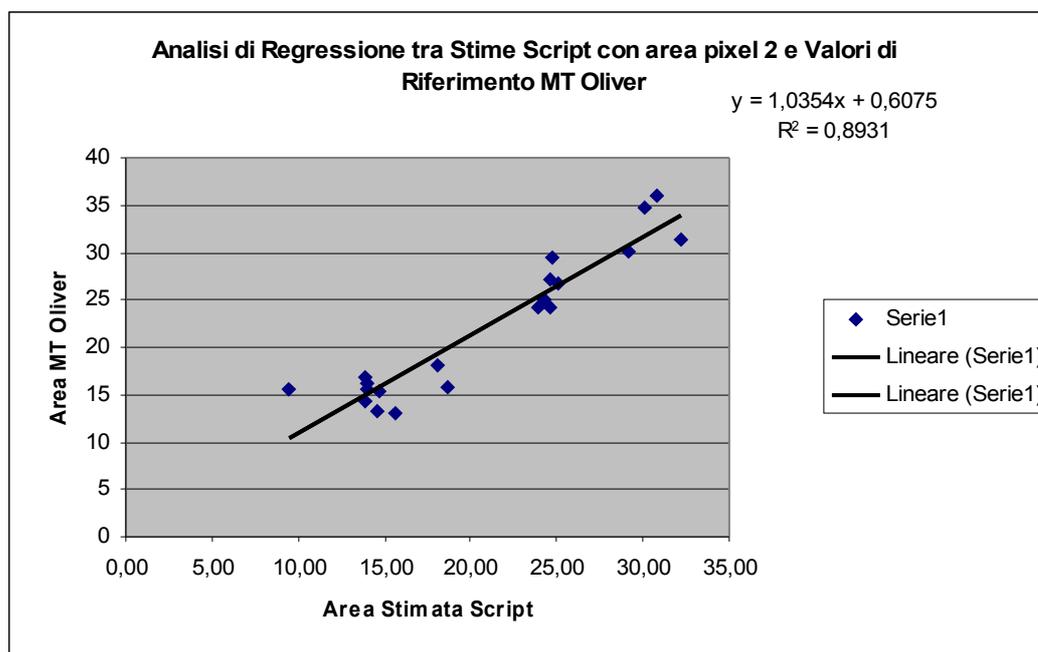
<b>Area 1 Pixel</b>	<b>Area2 Pix Larg.*Alt.</b>	<b># pixel manual tracing script</b>	<b>Area Stimata MT con area1 × num. pixel script</b>	<b>Area Stimata MT con area2 × num pixel script</b>	<b>Stime Manual tracing di Oliver</b>
-------------------------	-------------------------------------	--	--	---	---

Id Immagine	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )		(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )
	dim pix	dim pix				
102_24_4_151	0,0070	0,0070	<b>2667</b>	18,79	18,63	15,8
102_24_4_205	0,0070	0,0070	<b>4405</b>	30,69	30,79	35,98
102_25_5_207	0,0069	0,0070	<b>2075</b>	14,42	14,56	13,29
103_7_1_75	0,0054	0,0055	<b>2510</b>	13,43	13,86	14,35
103_7_5_242	0,0054	0,0055	<b>2512</b>	13,62	13,94	16,93
103_14_1_49	0,0054	0,0056	<b>4419</b>	23,96	24,69	29,49
103_14_1_58	0,0054	0,0055	<b>2828</b>	15,32	15,61	13,09
104_19_1_129	0,0043	0,0043	<b>5655</b>	24,37	24,22	24,95
104_19_3_194	0,0043	0,0043	<b>5714</b>	24,52	24,60	27,14
104_19_3_203	0,0043	0,0043	<b>3397</b>	14,59	14,69	15,46
105_0_1_91	0,0043	0,0043	<b>6987</b>	30,17	30,08	34,74
105_0_1_100	0,0043	0,0044	<b>4160</b>	17,74	18,12	18,2
105_13_5_20	0,0043	0,0043	<b>6790</b>	29,00	29,15	30,01
105_13_5_29	0,0043	0,0043	<b>3242</b>	13,89	13,96	15,49
121_6_3_130	0,0043	0,0043	<b>5511</b>	23,51	23,91	24,19
121_6_3_139	0,0043	0,0043	<b>3228</b>	13,74	13,96	16,2
124_19_4_212	0,0024	0,0024	<b>4013</b>	9,45	9,45	15,53
124_19_4_219	0,0043	0,0043	<b>5824</b>	24,90	25,07	26,65
127_16_1_48	0,0055	0,0055	<b>5813</b>	32,26	32,23	31,34
127_16_1_54	0,0055	0,0055	<b>4438</b>	24,57	24,61	24,16

*Tabella 4-4: Aree stimate con lo script TrovareMT.m dei manual tracing. Abbiamo due stime perché abbiamo moltiplicato il numero di pixel calcolati dalla procedura e indicanti l'area racchiusa dai contorni tracciati manualmente per due diverse aree dei singoli pixel. Una è stata calcolata dividendo l'area misurata per il numero di pixel in essa contenuti, nell'altro caso abbiamo fatto il prodotto tra la lunghezza e la larghezza misurate e poi lo abbiamo diviso per il numero di pixel totali.*



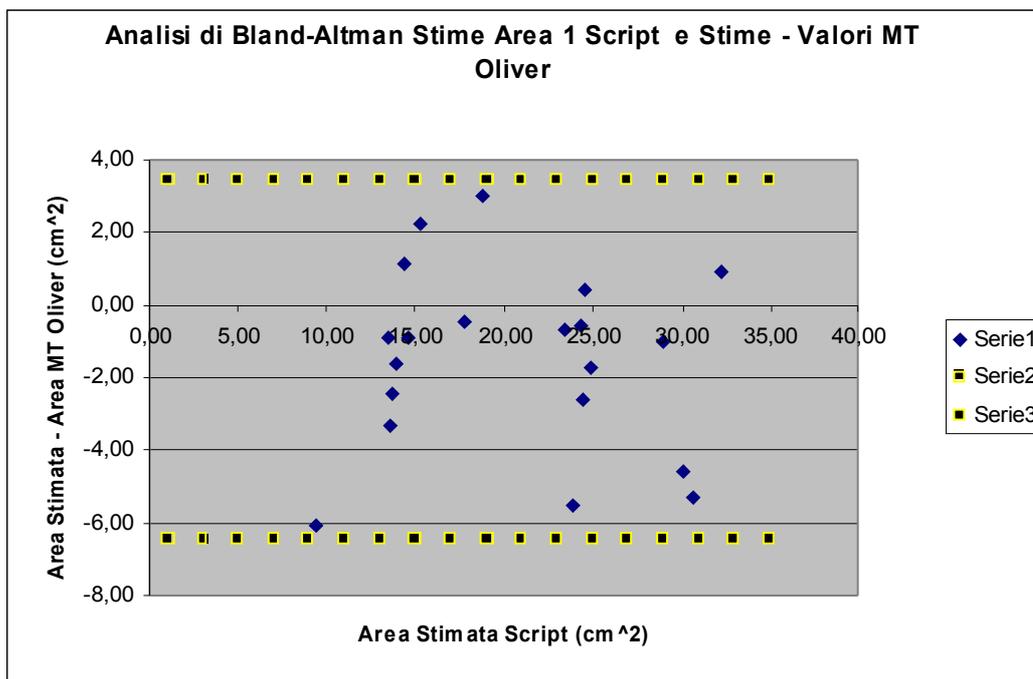
**Grafico 4-5:** in figura riportiamo l'Analisi di Regressione effettuata confrontando i valori di riferimento dell'area del manual tracing con quelli ottenuti dallo script moltiplicando il numero di pixel trovato per l'area 1. I valori delle aree sono espresse in cm<sup>2</sup>, l'equazione della trend line ci indica che il nostro script tende a sottostimare i valori delle aree rispetto a quelli dei manual tracing.



**Grafico 4-6:** in figura riportiamo l'analisi di regressione effettuata confrontando i valori di riferimento dell'area del manual tracing con quelli ottenuti dallo script moltiplicando il numero di pixel trovato per l'area 2. I valori delle aree sono espresse in  $\text{cm}^2$ , l'equazione della trend line ci indica che il nostro script tende a sottostimare i valori delle aree rispetto a quelli dei manual tracing,  $q=0.6075>0$  ma in maniera minore rispetto alle stime effettuate con l'area 1. Anche l'indice di correlazione risulta essere migliore del precedente perciò utilizzando l'area 2 piuttosto che l'area1 si commette un errore minore.

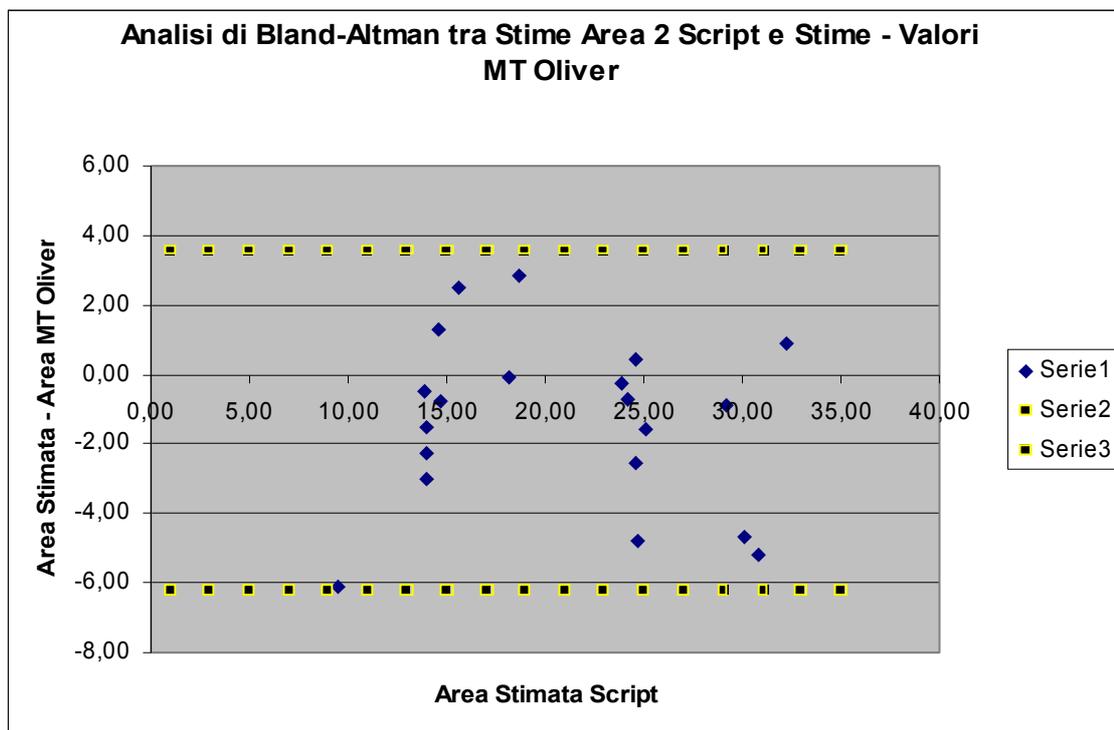
Id Immagine	Area Stimata Script 1- MT	Area Stimata Script 2 - MT
102_24_4_151	2,99	2,83
102_24_4_205	-5,29	-5,19
102_25_5_207	1,13	1,27
103_7_1_75	-0,92	-0,49
103_7_5_242	-3,31	-2,99
103_14_1_49	-5,53	-4,80
103_14_1_58	2,23	2,52
104_19_1_129	-0,58	-0,73
104_19_3_194	-2,62	-2,54
104_19_3_203	-0,87	-0,77
105_0_1_91	-4,57	-4,66
105_0_1_100	-0,46	-0,08
105_13_5_20	-1,01	-0,86
105_13_5_29	-1,60	-1,53
121_6_3_130	-0,68	-0,28
121_6_3_139	-2,46	-2,24
124_19_4_212	-6,08	-6,08
124_19_4_219	-1,75	-1,58
127_16_1_48	0,92	0,89
127_16_1_54	0,41	0,45
	Valor Medio:	Valor Medio:
	<b>-1,503336</b>	<b>-1,344758</b>
	Deviazione Standard:	Deviazione Standard:
	<b>2,519638</b>	<b>2,482094</b>
	Valor Medio +1,96SD:	Valor Medio +1,96SD:
	<b>3,435154</b>	<b>3,520145</b>
	Valor Medio -1,96SD:	Valor Medio -1,96SD
	<b>-6,441826</b>	<b>-6,209662</b>

*Tabella 4-5: Calcolo della deviazione standard e degli estremi dell'intervallo da utilizzare per le analisi di Bland Altman.*



**Grafico 4-7:** In figura riportiamo l’analisi di Bland Altman effettuata confrontando i valori di riferimento dell’area del manual tracing con quelli ottenuti dallo script moltiplicando il numero di pixel trovato per l’area 1. I valori delle aree sono espresse in cm<sup>2</sup>. I valori ottenuti stanno dentro le due rette che indicano l’intervallo di confidenza quindi i risultati ottenuti con il nostro script risultano essere accurati.

Valor Medio:
<b>-1,503336</b>
Deviazione Standard:
<b>2,519638</b>
Valor Medio +1,96SD:
<b>3,435154</b>
Valor Medio -1,96SD :
<b>-6,441826</b>



**Grafico 4-8:** In figura riportiamo l’analisi di Bland Altman effettuata confrontando i valori di riferimento dell’area del manual tracing di uno dei cardiologi (Oliver) con quelli ottenuti dallo script moltiplicando il numero di pixel trovato per l’area 2. i valori delle aree sono espresse in  $\text{cm}^2$ . I valori ottenuti stanno dentro le due rette che indicano l’intervallo di confidenza quindi, anche in questo caso, il nostro script fornisce risultati accurati.

Valor Medio:	<b>-1,344758</b>
Deviazione Standard:	<b>2,482094</b>
Valor Medio +1,96SD:	<b>3,520145</b>
Valor Medio -1,96SD:	<b>-6,209662</b>

### 4.3 Variabilità interoperatore

In questo paragrafo ci occuperemo di un'altra analisi statistica volta sempre a verificare l'accuratezza della procedura di segmentazione utilizzata: la variabilità interoperatore.

Per calcolare questo indice tra due insiemi di valori da confrontare si utilizza la formula seguente:

$$IV = \frac{SD}{media} \times 100$$

dove con **SD** indichiamo la deviazione standard e con **media** la media tra i due valori confrontati. In questo modo otteniamo un valore percentuale per ogni coppia di valori confrontati, facendone la media otteniamo il valore (espresso sempre in percentuale) della variabilità intraoperatore complessiva.

Dapprima abbiamo calcolato la variabilità interoperatore tra i valori delle aree stimate dai due cardiologi. Fatto questo abbiamo ripetuto il procedimento calcolando la variabilità interoperatore tra le stime dei due manual tracing e quelle ottenute con la nostra procedura di segmentazione.

A questo punto se i valori ottenuti risultano essere confrontabili allora significa che le stime della procedura di detezione dei contorni endocardici è tale da poter essere vista come la stima di un terzo operatore esperto. Osservando le tabelle seguenti si vede che, in effetti, i valori ottenuti per le tre variabilità interoperatore sono molto vicini, quindi il metodo utilizzato, ancora una volta, dimostra la sua attendibilità.

ID Immagine	Stime MT 1	Stime MT 2	Stime LS1
-------------	------------	------------	-----------

102	25	5	207	13,29	11,04	12,83
102	24	4	151	15,80	13,44	15,96
102	24	4	205	35,98	34,50	32,77
103	7	1	75	14,35	12,07	14,08
103	7	5	242	16,93	17,74	17,44
103	14	1	49	29,49	25,95	26,09
103	14	1	58	13,09	12,14	13,15
104	19	1	129	24,95	24,48	24,28
104	19	3	194	27,14	28,61	25,63
104	19	3	203	15,46	14,30	13,62
105	0	1	91	34,74	32,72	31,09
105	0	1	100	18,20	15,41	15,07
105	13	5	20	30,01	30,81	29,62
105	13	5	29	15,49	12,80	13,50
121	6	3	130	24,19	23,59	22,65
121	6	3	139	16,20	16,50	14,29
124	19	4	212	15,53	15,48	15,90
124	19	4	219	26,65	25,87	24,17
127	16	1	48	31,34	31,82	30,67
127	16	1	54	24,16	23,35	22,80

*Tabella 4-6: Valori delle stime dell'area del ventricolo sinistro ottenuti con i manual tracing e con la procedura di segmentazione basata su metodi level set.*

**Variabilità interoperatore tra i due tracciamenti manuali**

Dev.Stand.	Media	Variabilità Interoperatore
		%
1,5910	12,165	13,08
1,6688	14,62	11,41
1,0465	35,24	2,97
1,6122	13,21	12,20
0,5728	17,335	3,30
2,5032	27,72	9,03
0,6718	12,615	5,33
0,3323	24,715	1,34
1,0394	27,875	3,73
0,8202	14,88	5,51
1,4284	33,73	4,23
1,9728	16,805	11,74
0,5657	30,41	1,86
1,9021	14,145	13,45
0,4243	23,89	1,78
0,2121	16,35	1,30
0,0354	15,505	0,23
0,5515	26,26	2,10
0,3394	31,58	1,07
0,5728	23,755	2,41
<b>Variabilità interoperatore</b>		5,40

*Tabella 4-7 Variabilità interoperatore tra le stime del manual tracing.*

**Variabilità interoperatore tra la stima del manual tracing e quella ottenuta con il metodo semiautomatico**

Dev.Stand	Media	Variabilità interoperatore
		%
1,1887	13,06	9,10
1,4110	15,88	8,89
1,6066	34,38	4,67
1,2462	14,22	8,77
0,4094	17,18	2,38
2,0033	27,79	7,21
0,5673	13,12	4,32
0,3422	24,62	1,39
1,4915	26,38	5,65
0,9321	14,54	6,41
1,8308	32,91	5,56
1,7181	16,63	10,33
0,6052	29,82	2,03
1,3957	14,49	9,63
0,7742	23,42	3,31
1,1971	15,25	7,85
0,2299	15,72	1,46
1,2701	25,41	5,00
0,5791	31,00	1,87
0,6864	23,48	2,92
<b>Variabilità interoperatore</b>		5,44

*Tabella 4-8 Variabilità interoperatore tra le stime del manual tracing e quelle ottenute dalla procedura semi-automatica di detezione dei contorni*

**Variabilità interoperatore tra la stima del manual tracing e quella ottenuta con il metodo semiautomatico**

Dev.Stand	Media	Variabilità interoperatore
		%
1,2657	11,94	10,61
1,7819	14,70	12,12
1,2233	33,64	3,64
1,4227	13,08	10,88
0,2130	17,59	1,21
0,1023	26,02	0,39
0,7157	12,65	5,66
0,1384	24,38	0,57
2,1093	27,12	7,78
0,4835	13,96	3,46
1,1560	31,90	3,62
0,2420	15,24	1,59
0,8391	30,22	2,78
0,4946	13,15	3,76
0,6620	23,12	2,86
1,5607	15,40	10,14
0,2975	15,69	1,90
1,2046	25,02	4,82
0,8152	31,24	2,61
0,3923	23,07	1,70
<b>Variabilità interoperatore</b>		4,60

*Tabella 4-9 Variabilità interoperatore tra le stime del manual tracing e quelle ottenute dalla procedura semi-automatica di detezione dei contorni.*

## **4.4 Analisi morfologica (funzione distanza con segno)**

Dopo aver applicato i programmi descritti nei paragrafi 3.7.1 e 3.7.2 a tutte le immagini del nostro data set per calcolare la funzione distanza con segno tra i contorni stimati dalla procedura di segmentazione e quelli ottenuti dai due manual tracing, abbiamo condotto una analisi dei risultati ottenuti. In particolare abbiamo calcolato l'errore medio medio e l'errore massimo medio. In questo modo abbiamo potuto valutare la procedura di segmentazione anche localmente reperendo delle informazioni su quanto il contorno stimato fosse simile a quello dei tracciamenti manuali da un punto di vista di forma. Anche in questo caso i risultati ottenuti risultano essere soddisfacenti (si veda la tabella 4-10)

Id Immagine	Errore medio MT del primo operatore (Oliver)	Errore massimo MT del primo operatore (Oliver)	Errore medio MT del secondo operatore (Renault)	Errore massimo MT del secondo operatore (Renault)
102_24_4_151	4,4420	13	6,1408	12
102_24_4_205	4,0182	9	3,4854	10
102_25_5_207	4,7934	16	3,9423	11
103_7_1_75	4,1435	11	3,1652	11
103_7_5_242	9,9520	22	9,4569	18
103_14_1_49	4,5341	13	3,7986	11
103_14_1_58	6,6413	14	4,7619	16
104_19_1_129	8,8857	errore	4,6854	14
104_19_3_194	5,6044	19	6,3063	22
104_19_3_203	11,0731	23	5,2379	13
105_0_1_91	9,5457	22	4,6647	13
105_0_1_100	12,6207	27	12,3527	27
105_13_5_20	5,5439	14	5,1386	15
105_13_5_29	7,8970	26	6,6691	21
121_6_3_130	10,5510	34	11,3777	26
121_6_3_139	10,1377	37	8,3556	21
124_19_4_212	9,2945	19	8,5660	29
124_19_4_219	7,8261	30	5,4295	14
127_16_1_48	16,6805	errore	4,6333	12
127_16_1_54	4,9697	15	3,6090	14

*Tabella 4-10: Riportiamo i valori ottenuti dall'applicazione dello script "confronto". I dati si riferiscono, per ogni immagine, alla distanza media e massima (indicata come errore) tra il contorno dei due manual tracing e il contorno della procedura di segmentazione. In due circostanze abbiamo riscontrato un valore fuori scala per l'errore massimo*

<b>Distanza Media Media MT del primo operatore e Level Set</b>	<b>Errore Massimo Medio MT del primo operatore</b>	<b>Distanza Media Media MT del secondo operatore e Level Set</b>	<b>Distanza Massima Media MT del secondo operatore e Level Set</b>
8,5824	20,2222	6,0888	16,5000

*Tabella 4-11: Riportiamo i valori finali ottenuti dall'analisi della distanza tra i contorni stimati. Indichiamo il valore della distanza media media e della distanza massima media (espressi in numero di pixel) tra i contorni dei due manual tracing e quello stimato dalla procedura di segmentazione.*

## **4.5 Conclusioni e osservazioni**

Dopo aver condotto le diverse analisi statistiche, riportate nei paragrafi precedenti, possiamo concludere che il metodo di segmentazione utilizzato per la detezone dei contorni endocardici, confrontato con i valori di riferimento dei due manual tracing, produce stime con un buon grado di accuratezza.

Quindi abbiamo raggiunto l'obiettivo di validare tale procedura semi-automatica basata sul "modello Level-Set" in grado di individuare i contorni endocardici per l'estrazione dell'area del ventricolo sinistro applicata ad immagini ecografiche acquisite in condizioni di microgravità.

