



## NUOVE PROBLEMATICHE DI STATISTICA SPORTIVA

Ipotesi di modello matematico per la previsione del limite umano al record mondiale della corsa dei 100 metri piani

**Otello Donzelli**, *funzionario di Pubblica Amministrazione, si interessa di studi ed elaborazioni grafiche di Statistica applicata allo Sport.*

La presente indagine statistica ha carattere di studio preliminare in quanto è limitata all'analisi delle sole variazioni cronologiche del record mondiale della gara dei 100 metri piani così come sono desumibili dall'Annuario FIDAL dell'anno 1985. Pertanto, non sono considerati i dati relativi ai records mondiali ugagliati. La cronologia completa, comprendente anche detti dati, sarà oggetto di trattazione più approfondita in una già programmata ripresa del tema proposto in questa sede.

Gli eminenti professori Paolo Cerretelli e Pietro Enrico di Prampero, docenti presso la Università di Ginevra, con il recente volume dal titolo "Sport, ambiente e limiti umani" - Ediz. Mondadori, hanno affrontato con encomiabile rigore scientifico nuove problematiche sportive circa alcuni particolari aspetti dell'atleta sottoposto allo sforzo agonistico. Il citato volume si distingue da altri analoghi per una serie di argomenti trattati sotto il punto di vista strettamente medico-fisio-

logico, pur non rinunciando ad approfondire in altre direzioni. E' da notare, inoltre, che la stesura del pregevole primo capitolo è interamente dovuta al contributo del noto professor Pierangelo Mognoni del Centro Studi di Fisiologia Muscolare, organismo del Consiglio Nazionale delle Ricerche.

E' da quanto appena premesso che trae spunto la presente elaborazione, poichè riteniamo meritevole di ulteriore trattazione uno specifico aspetto che è stato, tra l'altro, giustamente evidenziato nel volume in questione. Vogliamo riferirci, appunto, all'aspetto statistico di alcune problematiche affrontate nel testo, con particolare riguardo a quelle inerenti l'affascinante mistero dei limiti umani allo sforzo atletico. Precisamente, ci proponiamo di verificare la validità o meno del processo statistico circa la risposta allo specifico quesito del record-limite della prestazione atletica umana.

Il detto volume, in proposito, accenna 281

anche a cinque di questi records, cosiddetti "definitivi" da R.H. Morton (vedi Tav. 1), relativi ad alcune gare di atletica leggera, dei quali vengono previsti la misura ed il presumibile anno di conseguimento del 99% della misura stessa.

Precisiamo, comunque, che la nostra elaborazione non è stata finalizzata per confutare alcuna tesi contenuta nel predetto volume nè, tantomeno, per sollevare polemiche di sorta, bensì per offrire un semplice riscontro della medesima realtà sotto un diverso punto di vista. Vogliamo, in sostanza, verificare soltanto se e quali interconnessioni possano esistere tra l'indagine statistica e quella medico-fisiologica, eventualmente per trarne conclusioni costruttive da tener presente in caso di approfondimento di fenomeni di questo tipo. I dati forniti dalla citata Tav. 1 offrono motivi tanto validi ed attuali da indurci ad affrontare tale problematica con molta curiosità ed in-

teresse. E' opportuno evidenziare, oltretutto, che in questi tempi lo stretto rapporto esistente tra l'evoluzione della tecnologia in genere e lo studio dei vari fenomeni sta assumendo una importanza sempre più crescente; in altre parole, l'interpretazione qualitativa di molti fenomeni studiati, attualmente, sta passando sempre più frequentemente attraverso una appropriata osservazione quantitativa, inducendo pertanto lo studioso a considerare con la maggiore attenzione possibile questa particolare angolazione dei fenomeni stessi. E' sempre bene ricordare, infatti, che premesse di questo genere rappresentano spesso la chiave di volta del successo di un intero processo di ricerca.

Come primo approccio alla questione, riteniamo opportuno privilegiare l'indagine statistica sulla cronologia del record mondiale dei 100 metri piani, sia perché questa gara rappresenta una

TABELLA DI ALCUNI RECORDS DEFINITIVI (DA UNO STUDIO DI R.H.MORTON, 1985)				
1 GARA DI CORSA PIANA METRI	2 ATTUALE RECORD DEL MONDO	3 RECORD DEFINITIVO	4 99% DEL RECORD DEFINITIVO	5 ANNO PRESUNTO DI CONSEGUIMENTO DI CUI AL N° 4
100	9" <sup>99</sup> / <sub>100</sub>	9" <sup>15</sup> / <sub>100</sub>	9" <sup>24</sup> / <sub>100</sub>	2187
800	1' 41" <sup>73</sup> / <sub>100</sub>	1' 32" <sup>96</sup> / <sub>100</sub>	1' 33" <sup>89</sup> / <sub>100</sub>	2219
1500	3' 29" <sup>46</sup> / <sub>100</sub>	3' 04" <sup>15</sup> / <sub>100</sub>	3' 05" <sup>99</sup> / <sub>100</sub>	2247
3000	7' 32" <sup>10</sup> / <sub>100</sub>	6' 16" <sup>94</sup> / <sub>100</sub>	6' 20" <sup>68</sup> / <sub>100</sub>	2278
5000	13' 00" <sup>41</sup> / <sub>100</sub>	11' 22" <sup>87</sup> / <sub>100</sub>	11' 29" <sup>70</sup> / <sub>100</sub>	2254

FONTE ITALIANA: P. CERRETELLI - P. E. DI PRAMPERO  
SPORT, AMBIENTE E LIMITI UMANI  
EDIZ. MONDADORI - 1985 -

O. DONZELLI

delle più spettacolari specialità agonistiche di tutti gli sports, sia perchè il mistero della velocità limite dell'uomo-atleta ha innumerevoli volte acceso la fantasia di molti.

Per una organica e più precisa analisi, abbiamo tenuto conto dei dati ufficiali relativi ai records stabiliti dal 1912 ad oggi, secondo come indicato dall'autorevole pubblicazione "Annuario di Atletica Leggera" a cura dell'Ufficio Stampa della FIDAL. Avendo in proposito ricevuto la massima collaborazione, in questa sede abbiamo il piacere di ringraziare il direttore Dott. Augusto Frasca ed il coordinatore Prof. Mario Andreoli, attivamente partecipi delle molteplici esigenze di tanti interessati.

Per una corretta impostazione formale dello studio, che si avvale dell'uso dei logaritmi decimali, riteniamo logica la conversione di tutti i tempi ufficiali di cronometraggio dei records ad una uni-

ca omogenea unità di misura; ciò in quanto la performance della gara in questione viene oggi ufficialmente registrata parte con riferimento al sistema di divisione sessagesimale (i minuti secondi) e parte con riferimento al sistema di divisione centesimale (le frazioni di secondo). Pertanto tutti i tempi di gara saranno preventivamente convertiti in centesimi di secondo. Quanto appena detto riguarda il criterio di valutazione della variabile dipendente dello studio in questione; per quanto riguarda invece l'unità di misura relativa alla variabile indipendente, si assume come riferimento l'anno di conseguimento del record. Per la codificazione di detto anno riteniamo opportuno porre l'anno 1912 = 2, necessitando porre l'anno 1910 = 0 per l'anamorfoosi logaritmica dei dati. L'insieme dei dati della cronologia del record (vedi Tav. 2) potrebbe, a prima vista, sembrare di scarsa consistenza; in

### CRONOLOGIA DEL RECORD MONDIALE DELLA CORSA PIANA METRI 100

N°	ANNO	TEMPO MANUALE	TEMPO AUTOMAT.	ATLETA NAZIONALITA' DATA E LUOGO DEL RECORD
1	1912	10" 6		DONALD LIPPINCOTT U.S.A. 6-7-1912 STOCOLMA
2	1921	10" 4		CHARLES PADDOCK U.S.A. 23-4-1921 REDLANDS
3	1930	10" 3		PERCY WILLIAMS CAN. 9-8-1930 TORONTO
4	1936	10" 2		JESSE OWENS U.S.A. 20-6-1936 CHICAGO
5	1956	10" 1		WILLIE WILLIAMS U.S.A. 3-8-1956 BERLINO
6	1960	10"		ARMIN HARY GER. <sup>F</sup> 21-6-1960 ZURIGO
7	1968	a) 9" 9	b) 9" 95	JIM HINES U.S.A. a) 20-6-1968 SACRAMENTO b) 14-10-1968 CITTA' MESSICO
8	1983		9" 95	CALVIN SMITH U.S.A. 3-7-1983 COLORADO SPRINGS

FONTE : ANNUARIO DI ATLETICA LEGGERA 1985  
A CURA DELL'UFFICIO STAMPA F. I. D. A. L.

O. DONZELLI

effetti, però, se consideriamo il lungo arco di tempo in cui si sono verificate le variazioni del record, cioè 71 anni (1912-1983), possiamo ragionevolmente affermare che la corrispondenza tra la variabile dipendente (misura del record) e quella indipendente (anno di conseguimento) della serie storica è già sufficiente a delineare le caratteristiche principali dell'andamento del fenomeno, quantomeno fino ad un accettabile livello di attendibilità.

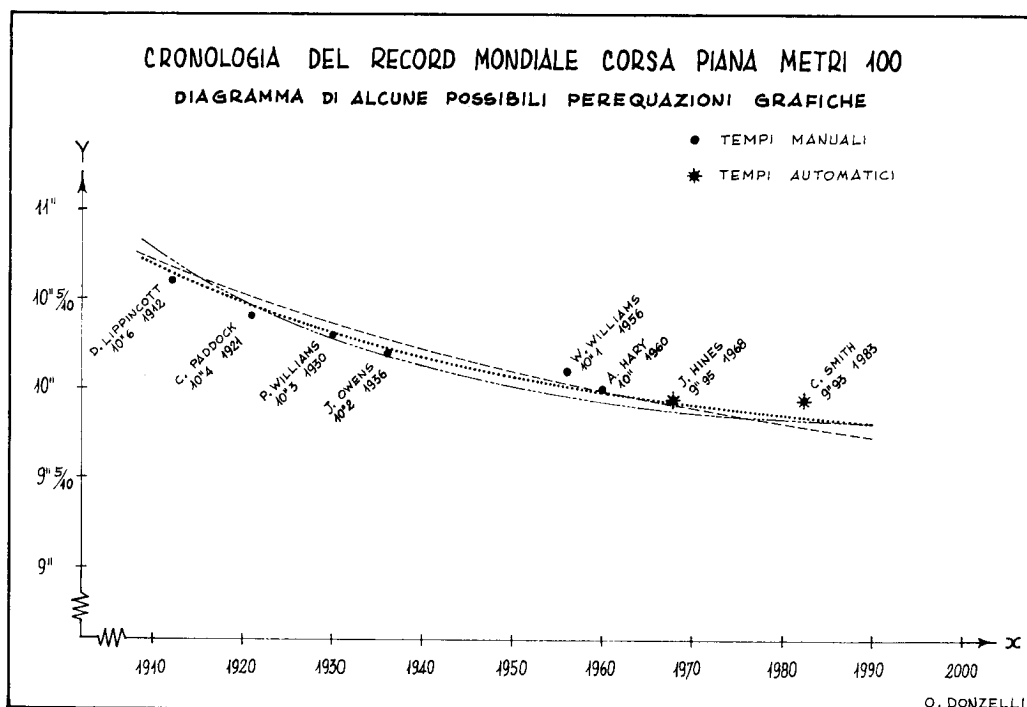
Esaminiamo, in proposito, la disposizione delle coppie di valori della cronologia in un diagramma cartesiano di assi coordinati (vedi Tav. 3): le variazioni del record sono graficamente rilevabili più o meno lungo un tracciato (curva perequatrice, nella fattispecie), evidentemente da definire analiticamente, che conferma la esistenza di un rapporto non costante fra le due variabili. Detta curva sarà quindi individuata mediante

l'uso di una specifica funzione matematica; il diagramma riporta, a titolo indicativo, tre diverse alternative grafiche di funzioni perequatrici curvilinee decrescenti, in accordo con l'andamento del fenomeno osservato. Escludendo per questi motivi l'uso della classica funzione perequatrice lineare, riteniamo che tra le funzioni curvilinee più rispondenti alla natura del fenomeno stesso sembrano maggiormente adattarsi:

1) — la funzione esponenziale  $Y = ab^x$

2) — la funzione di potenza  $Y = ax^b$

con qualsiasi valore dei parametri:  
a, b  
purché ( $a > 0$ )



nelle quali l'esponente caratterizza appunto l'andamento del fenomeno.

Per la ricerca dei parametri qualificanti delle due funzioni adottate (il perché della scelta di entrambe sarà chiaro in seguito) ci avvaliamo del cosiddetto metodo dei minimi quadrati del quale, in questa sede, è sufficiente ricordare che consiste nella riduzione al minimo della somma dei quadrati degli scarti tra i valori effettivi del fenomeno e quelli teorici delle relative funzioni perequatrici. Necessita prima premettere, però, che non essendo statisticamente lecito assumere come dati di variabili valori determinati con diverso criterio di valutazione, precisamente tempi-records parte con cronometraggio manuale (1912-1968) e parte con cronometraggio automatico (1968-1983); i tempi-records manuali vengono maggiorati convenzionalmente, come suggerito da corrente prassi di comparazione, di 16/100 di secondo, pari allo scarto medio esistente in effetti fra i due tipi di rilevamento; lo scarto in questione è stato definito infatti strumentalmente entro un campo di variazione compreso tra 14/100 e 18/100 di secondo (tempo di reazione). Giova ricordare che il criterio di considerare tale scarto nello studio del fenomeno non è ai fini della valutazione del sincronismo del tempo di reazione atleta-cronometrista (che in pratica si può considerare compensato nella contrapposizione sparo-partenza dell'atleta e sparo-presione pulsante del cronometro), ma della definizione omogenea del cosiddetto tempo reale di gara, così come avviene attualmente con il cronometraggio automatico eseguito per mezzo di apparecchiature elettroniche.

Successivamente, per una previsione di futuri presumibili records o di futuri presumibili anni di conseguimento di un prefissato record, necessiterà solo operare una opportuna estrapolazione mediante l'immissione, in ognuna di dette funzioni, dei corrispettivi valori delle variabili interessate. Resta da aggiungere, ovviamente, che il grado di attendibilità del valore di previsione estrapolato tanto più diminuirà quanto più decresce-

rà (migliorerà) la misura del record, ovvero quanto più l'osservazione del fenomeno si spingerà lontano nel tempo. E' allora subito il caso di precisare che per questo motivo una previsione proiettata oltre l'anno 2090-2100 già si avvia ad assumere, secondo il nostro parere, caratteri di precaria attendibilità, stante il fatto che operazioni di estrapolazione in genere comportano rischi, specialmente quando i fattori che influenzano l'andamento del fenomeno osservato non sono rigidamente definibili in termini analitici, come appunto risulta nel nostro caso. Lo strumento matematico, infatti, non sempre è in grado di risolvere univocamente problemi connessi con la dinamica della natura dell'uomo in quanto le notevoli capacità di adattamento di questi alle continue e talvolta esasperate sollecitazioni delle leggi bio-fisiologiche che lo governano spesso possono creare presupposti logici fuorvianti.

Procediamo, dunque, alla definizione dei parametri della funzione esponenziale:

$$Y = ab^x$$

Con l'uso dei logaritmi avremo:

$$\log Y = \log a + x \log b$$

che è l'espressione di una retta semilogaritmica i cui parametri sono stimabili con il metodo dei minimi quadrati.

La condizione di minimo per il calcolo dei parametri sarà quindi data da:

$$\sum_{i=1}^n (\log Y_i - \log a - x_i \log b)^2 = \text{minimo}$$

Il sistema di equazioni normali sarà dato pertanto da:

$$\sum_{i=1}^n \log Y_i = n \log a + \log b \sum_{i=1}^n x_i$$

$$\sum_{i=1}^n (x_i \log Y_i) = \log a \sum_{i=1}^n x_i + \log b \sum_{i=1}^n x_i^2$$

Con i determinanti, infine, otteniamo le espressioni analitiche per la soluzione del sistema:

$$\log a = \frac{\begin{vmatrix} \sum_{i=1}^n \log Y_i & \sum_{i=1}^n X_i \\ \sum_{i=1}^n (X_i \log Y_i) & \sum_{i=1}^n X_i^2 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} \sum_{i=1}^n \log Y_i & \sum_{i=1}^n X_i \\ \sum_{i=1}^n (X_i \log Y_i) & \sum_{i=1}^n X_i^2 \end{vmatrix}} \div D = \frac{\sum_{i=1}^n \log Y_i \sum_{i=1}^n X_i - \sum_{i=1}^n (X_i \log Y_i) \sum_{i=1}^n X_i}{D}$$

$$\log b = \frac{\begin{vmatrix} n & \sum_{i=1}^n \log Y_i \\ \sum_{i=1}^n X_i & \sum_{i=1}^n (X_i \log Y_i) \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} n & \sum_{i=1}^n \log Y_i \\ \sum_{i=1}^n X_i & \sum_{i=1}^n (X_i \log Y_i) \end{vmatrix}} \div D = \frac{n \sum_{i=1}^n (X_i \log Y_i) - \sum_{i=1}^n \log Y_i \sum_{i=1}^n X_i}{D}$$

$$D = \begin{vmatrix} n & \sum_{i=1}^n X_i \\ \sum_{i=1}^n X_i & \sum_{i=1}^n X_i^2 \end{vmatrix} = n \sum_{i=1}^n X_i^2 - \left( \sum_{i=1}^n X_i \right)^2$$

La Tav. 4 contiene i calcoli relativi alla definizione dei suddetti parametri. Pertanto, la funzione esponenziale  $Y = ab^x$  sarà espletata da:

$$\log \hat{Y} = 3.030747769 - 0.0004982242 x$$

ovvero

$$\hat{Y} = 1073.365838 (0.9988534541)^x$$

(vedi Tav. 5)

Procediamo ora alla definizione dei parametri della funzione di potenza:

$$Y = ax^b$$

Con l'uso dei logaritmi avremo:

$$\log Y = \log a + b \log x$$

che è l'espressione di una retta bilogarithmica i cui parametri sono stimabili an-

ch'essi con il metodo dei minimi quadrati.

La condizione di minimo per il calcolo dei parametri sarà quindi data da:

$$\sum_{i=1}^n (\log Y_i - \log a - b \log X_i)^2 = \text{minimo}$$

Il sistema di equazioni normali sarà dato, pertanto, da:

$$\sum_{i=1}^n \log Y_i = n \log a + b \sum_{i=1}^n \log X_i$$

$$\sum_{i=1}^n (\log Y_i \log X_i) = \log a \sum_{i=1}^n \log X_i + \sum_{i=1}^n (\log X_i)^2$$

Con i determinanti, infine, otteniamo le espressioni analitiche per la soluzione del sistema:

TABELLA DEI DATI DELLA FUNZIONE ESPONENZIALE $\hat{Y} = ab^x$											
N°	ANNO	TEMPO MANUALE	TEMPO AUTOMATICO	ANNO CODIFICATO (1910=0)	RECORD RIFERIM. <sup>70</sup> CENTESIMI DI SEC. (TEMPO REALE)	PARAMETRI o SVILUPPO o FUNZIONE			VALORE DELLA FUNZ. <sup>NE</sup> PER OGNI ANNO	SCARTO	QUADRATO DELLO SCARTO
		CRONOMETRAGGIO a $\frac{1}{10}$ di sec.	a $\frac{1}{100}$ di sec.	x	Y	log Y	x log Y	x <sup>2</sup>	$\hat{Y}$		
1	1912	10" 6	-	2	1076*	3.03181	6.06362	4	1071	+5	+25
2	1921	10" 4	-	11	1056*	3.02366	33.26026	121	1060	-4	+16
3	1930	10" 3	-	20	1046*	3.01953	60.39060	400	1049	-3	+9
4	1936	10" 2	-	26	1036*	3.01556	78.39956	676	1042	-6	+36
5	1956	10" 1	-	46	1026*	3.01147	138.52762	2116	1018	+8	+64
6	1960	10"	-	50	1016*	3.00689	150.34450	2500	1013	+3	+9
7	1968	-	9" 95	58	995	2.99782	173.87356	3364	1004	-9	+81
8	1983	-	9" 93	73	993	2.99685	218.77735	5184	987	+6	+36
						24.10349	859.63687	14365		+22 -22 0	+134 -142 -8

\* TEMPO REALE DATO DAL TEMPO MANUALE UFFICIALE + 16/100 DI SEC. (TEMPO MEDIO DI REAZIONE)

# CALCOLO DEI PARAMETRI

$$\log a = \frac{(24.10349 \times 14365) - (859.63687 \times 286)}{D} = \frac{346246.6359 - 245856.1448}{33124} = \frac{100390.4891}{33124} = 3.050747769 ;$$

$$a = 1073.365838$$

$$\log b = \frac{(8 \times 859.63687) - (24.10349 \times 286)}{D} = \frac{6877.09496 - 6893.59814}{33124} = \frac{-16.50318}{33124} = -0.0004982242 ;$$

$$b = 0.9988534541$$

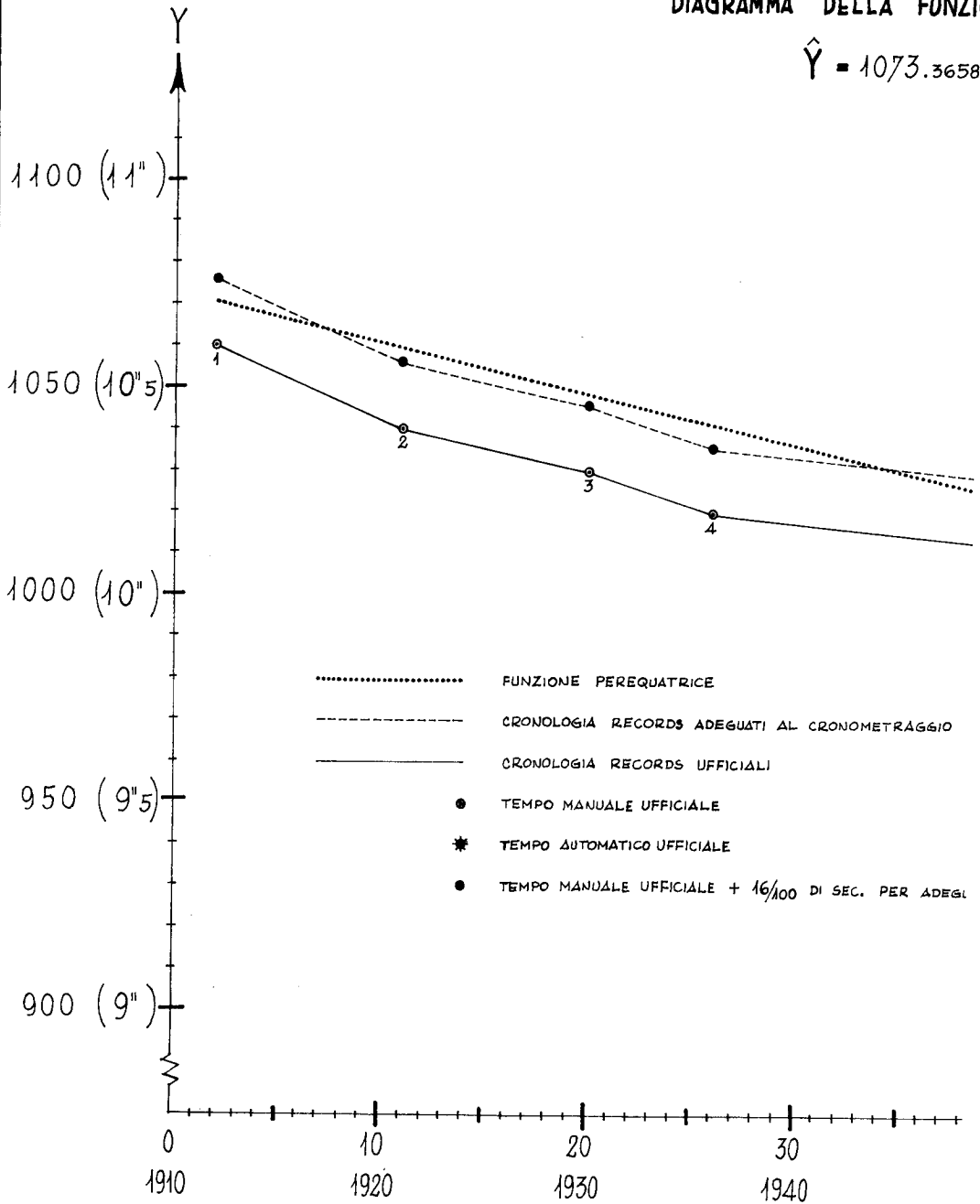
$$D = (8 \times 14365) - (286)^2 = 114920 - 81796 = 33124$$

$$\hat{Y} = a b^x = 1073.365838 (0.9988534541)^x$$

O. DONZELLI

# DIAGRAMMA DELLA FUNZIONE

$$\hat{Y} = 1073.3658$$

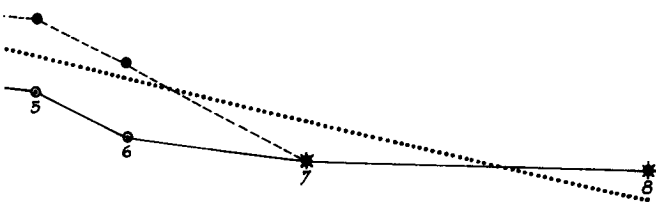




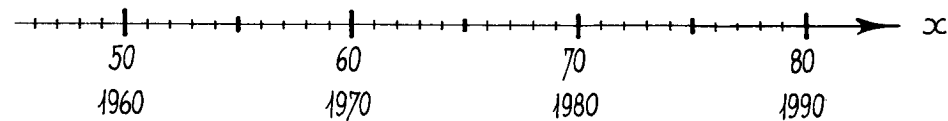
# QUATRICE ESPONENZIALE

$(34541)^x$

N°	ATLETA	RECORD	ANNO
1	D. LIPPINCOTT	10" 6	1912
2	C. PADDOCK	10" 4	1921
3	P. WILLIAMS	10" 3	1930
4	J. OWENS	10" 2	1936
5	W. WILLIAMS	10" 1	1956
6	A. HARY	10"	1960
7	J. HINES	9" 95	1968
8	C. SMITH	9" 93	1983



ONOMETRAGGIO AUTOMATICO (16/100 DI SEC. = TEMPO MEDIO DI REAZIONE)



O. DONZELLI

289

Tavola 5

$$\begin{aligned} \log a &= \frac{\sum_{i=1}^n \log Y_i}{\sum_{i=1}^n (\log Y_i \log X_i)} \quad \frac{\sum_{i=1}^n \log X_i}{\sum_{i=1}^n (\log X_i)^2} \div D = \frac{\sum_{i=1}^n \log Y_i \sum_{i=1}^n (\log X_i)^2 - \sum_{i=1}^n (\log X_i \log Y_i) \sum_{i=1}^n \log X_i}{D} \\ b &= \frac{n}{\sum_{i=1}^n \log X_i} \quad \frac{\sum_{i=1}^n \log Y_i}{\sum_{i=1}^n (\log Y_i \log X_i)} \div D = \frac{n \sum_{i=1}^n (\log Y_i \log X_i) - \sum_{i=1}^n \log Y_i \sum_{i=1}^n \log X_i}{D} \\ D &= \frac{n}{\sum_{i=1}^n \log X_i} \quad \frac{\sum_{i=1}^n \log X_i}{\sum_{i=1}^n (\log X_i)^2} = n \sum_{i=1}^n (\log X_i)^2 - \left( \sum_{i=1}^n \log X_i \right)^2 \end{aligned}$$

La Tav. 6 contiene i calcoli relativi alla definizione dei suddetti parametri. Pertanto, la funzione di potenza  $Y = ax^b$  sarà esplicitata da:

$$\log \hat{Y} = 3.042961561 - 0.0217430288 \log x$$

ovvero

$$\hat{Y} = 1103.9809 (x^{-0.0217430288})$$

cioè

$$\hat{Y} = \frac{1103.9809}{x^{0.0217430288}}$$

(vedi Tav. 7)

Non sarà inutile sottolineare che ricorriamo deliberatamente all'uso di molti decimali circa la definizione dei parametri di funzione in quanto in caso contrario nel processo di estrapolazione, già critico per sua stessa natura, potrebbero verificarsi sensibili oscillazioni dei valori da ricercare, giacché la minima precisione richiesta è all'ordine del centesimo di secondo.

Procediamo ora ad inserire contemporaneamente in un nuovo diagramma

cartesiano di assi coordinati le curve delle due funzioni perequatrici ricavate analiticamente con le relative estrapolazioni inerenti le previsioni degli anni futuri (vedi Tav. 8). Il grafico è adesso in grado di fornire diverse informazioni tra le quali consideriamo quella più specifica e cioè: successivamente all'anno 1983, che delimita il processo di perequazione da quello di estrapolazione, la funzione di potenza è caratterizzata, per così dire, da un andamento pessimistico rispetto a quella esponenziale nel senso che il miglioramento teorico del record in quest'ultima è più sensibile dell'altro, lungo un qualsiasi arco di tempo considerato. E' in forza di questa constatazione, quindi, che proponiamo l'adozione di una nuova funzione che, conciliando le due diverse tendenze (la pessimistica e l'ottimistica, tanto per intenderci), possa rappresentarne il migliore compromesso.

La soluzione, alquanto ovvia, consiste nella scelta della nuova funzione:

$$Y = \frac{(ab^x) + (ax^b)}{2}$$

cioè la media aritmetica delle due fun-

TABELLA DEI DATI DELLA FUNZIONE DI POTENZA  $\hat{Y} = a \cdot x^b$

N°	ANNO	RECORD TEMPO MANUALE CRONOMETRAGGIO A 1/10 DI SEC.	RECORD TEMPO AUTOMATICO CRONOMETRAGGIO A 1/100 DI SEC.	ANNO CODIFICATO (1910 = 0)	RECORD RIFERIM. IN CENTESIMI DI SECONDO (TEMPO REALE)	PARAMETRI DI SVILUPPO D. FUNZIONE				VALORE DELLA FUNZIONE PER QUATRICICE	SCARTO	QUADRATO DELLO SCARTO
				x	Y	log x	log Y	log x · log Y	(log x) <sup>2</sup>	$\hat{Y}$	$Y - \hat{Y}$	$(Y - \hat{Y})^2$
1	1912	10" 6	-	2	1076*	0.30103	3.05181	0.91266	0.09619	1087	-11	- (+121)
2	1921	10" 4	-	11	1056*	1.04159	3.02366	3.14881	1.08449	1048	+8	+ (+64)
3	1930	10" 3	-	20	1046*	1.30103	3.01953	3.92850	1.69268	1034	+12	+ (+144)
4	1936	10" 2	-	26	1036*	1.41497	3.01536	4.26664	2.00214	1028	+8	+ (+64)
5	1956	10" 1	-	46	1026*	1.66275	3.01147	5.00732	2.76474	1015	+11	+ (+121)
6	1960	10"	-	50	1016*	1.69897	3.00689	5.10861	2.88650	1014	+2	+ (+4)
7	1968	-	9" 95	58	995	1.76343	2.99782	5.28644	3.10968	1011	-16	- (+256)
8	1983	-	9" 93	73	993	1.86332	2.99695	5.58428	3.47196	1006	-13	- (+169)
						11.04689	24.10349	33.24326	17.10838		+41 -40 +1	+397 -546 -149

TEMPO REALE DATO DAL TEMPO MANUALE UFFICIALE + 16/100 DI SEC. (TEMPO MEDIO DI REAZIONE)

\* TEMPO REALE DATO DAL TEMPO MANUALE UFFICIALE + 1/6/100 DI SEC. (TEMPO MEDIO DI REAZIONE)

$$\log a = \frac{(24.10349 \times 17.10838) - (33.24326 \times 11.04689)}{D} = \frac{412.37167 - 367.23463}{D} = \frac{45.13704}{14.83326} = 3.042961561 \quad ;$$

$$a = 1103.9809$$

$$b = \frac{(8 \times 33.24326) - (24.10349 \times 11.04689)}{D} = \frac{265.94608 - 266.2686}{D} = \frac{-0.32252}{14.83326} = -0.0217430288$$

$$\hat{Y} = a \cdot x^b = 1103.9809 \left( x^{-0.0217430288} \right) = \frac{1103.9809}{x^{0.0217430288}}$$

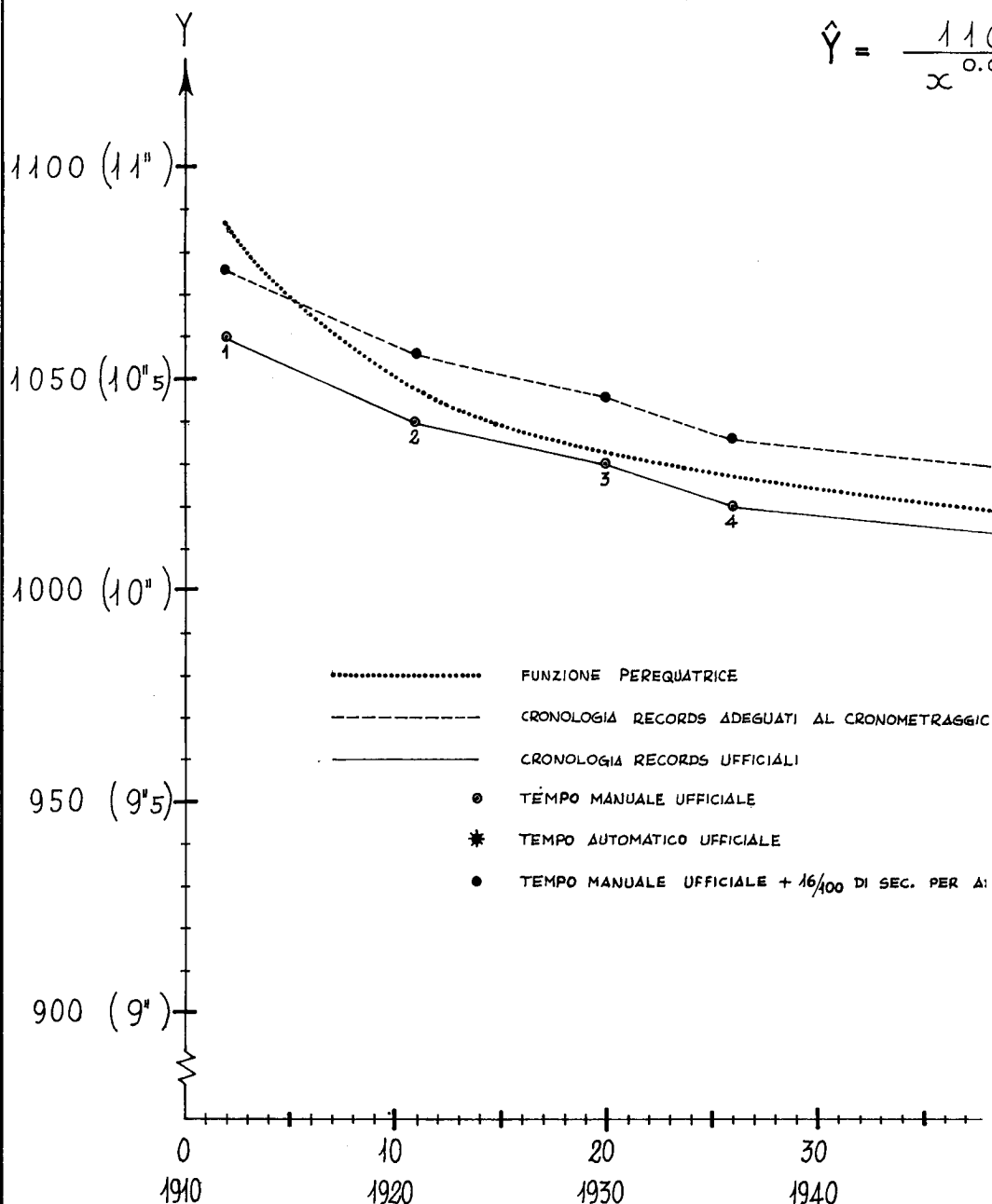
$$D = (8 \times 17.10838) - (11.04689)^2 = 136.86704 - 122.03378 = 14.83326$$

O. DONZELLI

Tavola 6

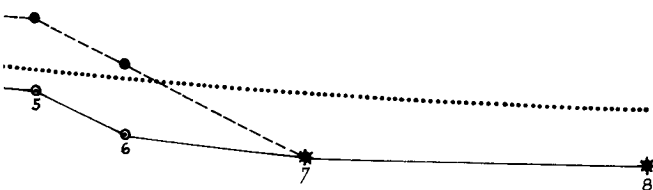
# DIAGRAMMA DELLA FUNZIONE

$$\hat{Y} = \frac{11C}{x^{0.0}}$$

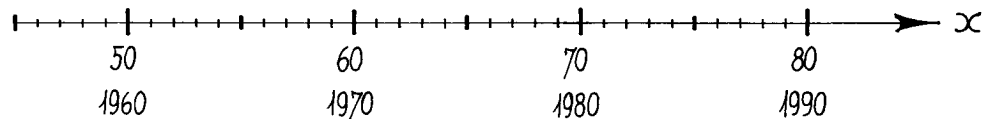


# QUATRICE DI POTENZA

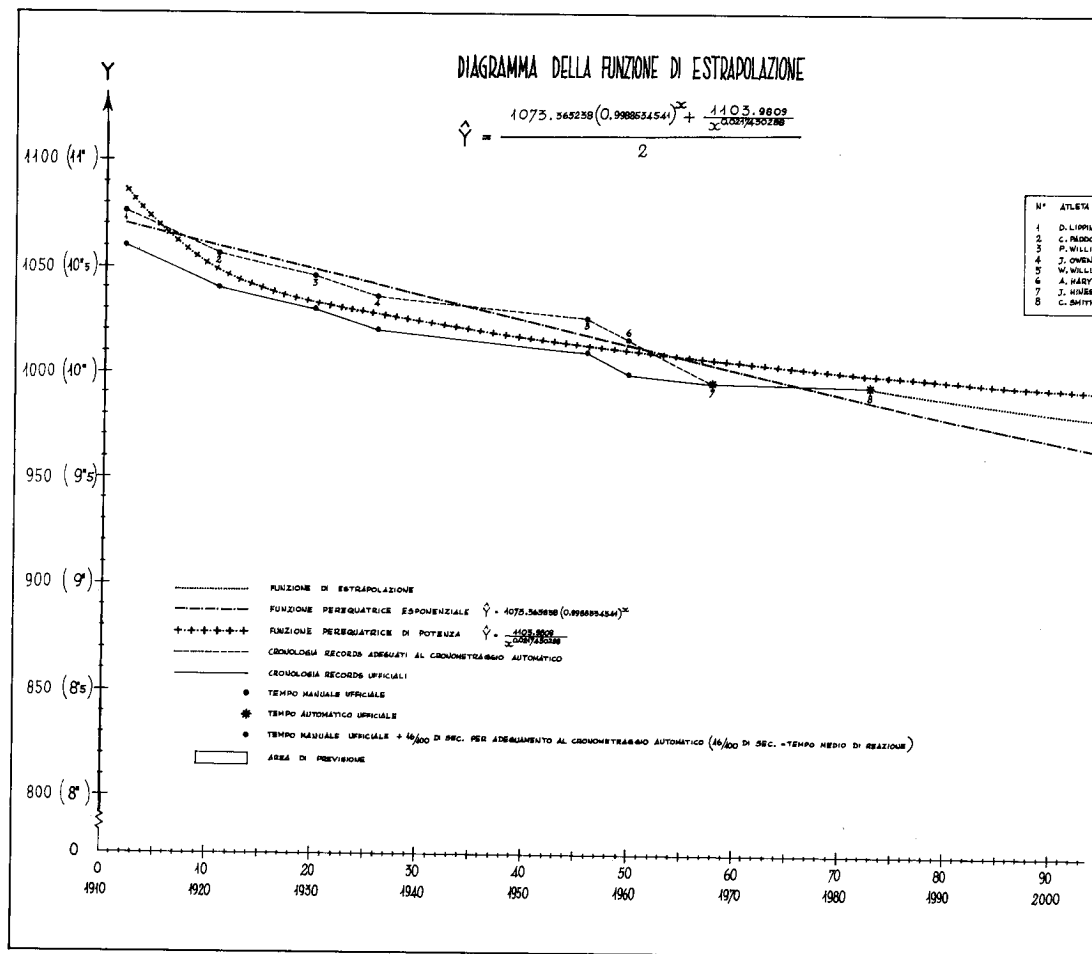
N°	ATLETA	RECORD	ANNO
1	D. LIPPINCOTT	10" 6	1912
2	C. PADDOCK	10" 4	1921
3	P. WILLIAMS	10" 3	1930
4	J. OWENS	10" 2	1936
5	W. WILLIAMS	10" 1	1956
6	A. HARY	10"	1960
7	J. HINES	9" 95	1968
8	C. SMITH	9" 93	1983



CRONOMETRAGGIO AUTOMATICO (16/100 DI SEC. = TEMPO MEDIO DI REAZIONE)



O. DONZELLI



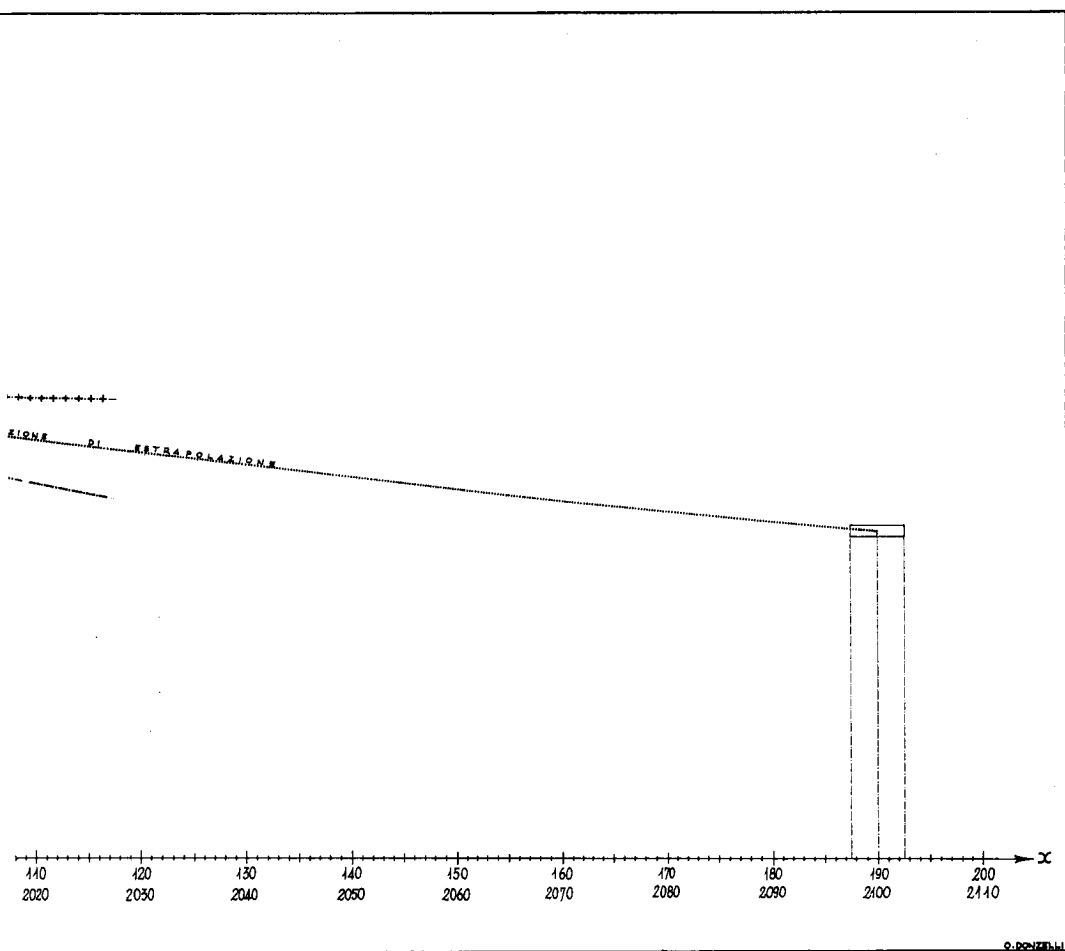


Tavola 8

zioni in questione. Detta funzione, contrapposendo le due tendenze, interpreta più realisticamente l'andamento del fenomeno, come del resto è chiaramente visibile nel diagramma della citata Tav. 8. Per completare il discorso circa una previsione futura ci fermeremo prudenzialmente, per i motivi già illustrati, all'anno 2100. Per detta epoca la nostra nuova funzione fornisce come presumibile record il tempo di 9''24. Volendo eventualmente considerare una tolleranza, accettabilissima peraltro, di  $\pm 0.25\%$  entro un arco di tempo di 5 anni, possiamo provvisoriamente inquadrare la previsione in questi termini: il record mondiale della corsa dei 100 metri piani dovrebbe attestarsi teoricamente su un tempo compreso tra 9''22 e 9''26 entro l'arco di tempo compreso tra l'inizio del 2° semestre dell'anno 2097 e la fine del 1° semestre dell'anno 2102. Quanto appena detto è rappresentato nel diagramma della Tav. 8 dall'area in colore grigio.

Ecco, comunque, l'elenco completo dei tempi teorici di previsione fino all'anno 2100:

N°	Anno	Record previsto (Valore teorico della funzione $Y = \frac{(ab^x) + (ax^b)}{2}$ )
1	1990	9''91
2	1995	9''88
3	2000	9''84
4	2005	9''81
5	2010	9''78
6	2015	9''75
7	2020	9''71
8	2025	9''68
9	2030	9''65
10	2035	9''62
11	2040	9''59
12	2045	9''55
13	2050	9''52
14	2055	9''49
15	2060	9''46
16	2065	9''43
17	2070	9''40
18	2075	9''37

19	2080	9''35
20	2085	9''32
21	2090	9''29
22	2095	9''26
23	2100	9''24

Per conoscenza riportiamo anche il valore della nostra funzione per l'anno 2187 indicato dal Morton quale presumibile anno di conseguimento del tempo-record 9''24 (99% del record "definitivo" umano da lui stimato in 9''15).

In questo caso avremo:

$$\hat{Y} = \frac{1073.365838 (0.9988534541)^{277} + \left( \frac{1103.9809}{277 \cdot 0.0217430288} \right)}{2}$$

cioè

$\hat{Y} = 879$  centesimi di secondo (ovvero 879 con la definizione in termini correnti).

Detto record presenta una differenza in centesimi pari a  $915 - 879 = 36$  centesimi di secondo che corrispondono a circa 360 cm. in pista. Tale differenza di tempo è invero abbastanza sensibile, specie se la consideriamo rapportata all'anno 2187 quando lo scarto di 1/100 di secondo avrà diverso "peso" (valore sportivo) da quello odierno. Il disaccordo fra i due tipi di previsione, comunque, risulta contenuto entro limiti accettabili (scarto del 3.93% sul valore totale) il che, per essere l'esito di una impropria previsione a termine di 204 anni, rappresenta, crediamo, un discreto esempio di concordanza nella trattazione di una medesima problematica condotta per vie diverse.

Stante il tipo della funzione assunta, asintotica rispetto agli assi coordinati, una previsione del genere risulta quindi soddisfacente, come abbiamo visto, solo per un termine prestabilito entro certi limiti di prudenza, essendo nel contempo improponibile una qualsiasi definizione analitica di "minimo" come esplicitazione del record cosiddetto definitivo.

Volendo allora proseguire questo tipo di discorso potremmo tentare una defini-



zione del record "definitivo" ricorrendo all'uso di una funzione parabolica del tipo:

$$Y = a + bx + cx^2$$

che tenga in debito conto l'ultimo dato di previsione prudenziale relativo all'anno 2100. Detta funzione nel nostro caso specifico avrà, nel piano cartesiano, la concavità rivolta verso l'alto. Il motivo dell'assunzione della funzione parabolica in questione risiede appunto nel fatto che, una volta definiti i suddetti parametri  $a, b, c$ , è possibile attribuire al suo valore minimo (vertice della parabola) il si-

gnificato di record "definitivo", non avendo logicamente rilevanza, nella fattispecie del fenomeno osservato, valori della variabile dipendente  $Y$  ad esso successivi. Al valore minimo si giungerà, ovviamente, mediante la **derivata prima** della funzione parabolica uguagliata a zero la quale, esplicitando il valore della variabile indipendente  $x$ , permetterà di definire il corrispettivo valore della variabile dipendente  $Y$  cercata. Per quanto appena premesso, la funzione stessa sarà definita analiticamente, vincolando il passaggio della parabola per i tre punti noti caratterizzanti la cronologia e codificando l'anno mediano  $1983 = 0$ .

Avremo, in questo caso, i seguenti capisaldi:

Anno	Anno codificato $X$	Tempo-record in cent. di sec. $Y$
1912	— 71	1076 Primo record ufficiale (autom. adeguato)
1983	0	993 Attuale record ufficiale (autom. effettivo)
2100	+ 117	924 Ultimo record di previsione (autom. teorico) della funzione $Y = \frac{(abx^2)}{2} + \frac{(axb)}{2}$

Avremo, allora, il seguente sistema a tre equazioni con tre incognite:

$$\begin{cases} a - 71b + 5041c = 1076 & (\text{in cent. di sec.}) \\ a & = 993 & (\text{in cent. di sec.}) \\ a + 117b + 13689c = 924 & (\text{in cent. di sec.}) \end{cases}$$

Detto sistema, risolto, darà i valori:

$$\begin{aligned} a &= 993 \\ b &= -0.95024703 \\ c &= 0.003081226 \end{aligned}$$

La parabola in questione sarà definita, pertanto, dalla equazione:

$$\hat{Y} = 993 - 0.95024703x + 0.003081226x^2$$

(vedi Tav. 9)

Uguagliando a zero la derivata prima di detta funzione avremo, pertanto, il valore minimo relativo all'anno codificato del record "definitivo".

Sarà quindi:

$$\hat{Y} = 0.006162452x - 0.95024703 = 0$$

cioè

$$x = \text{anno codificato} = 154.1995021$$

Sostituendo l'incognita  $x$  della funzione parabolica assunta con il valore dell'anno codificato avremo il record "definitivo".

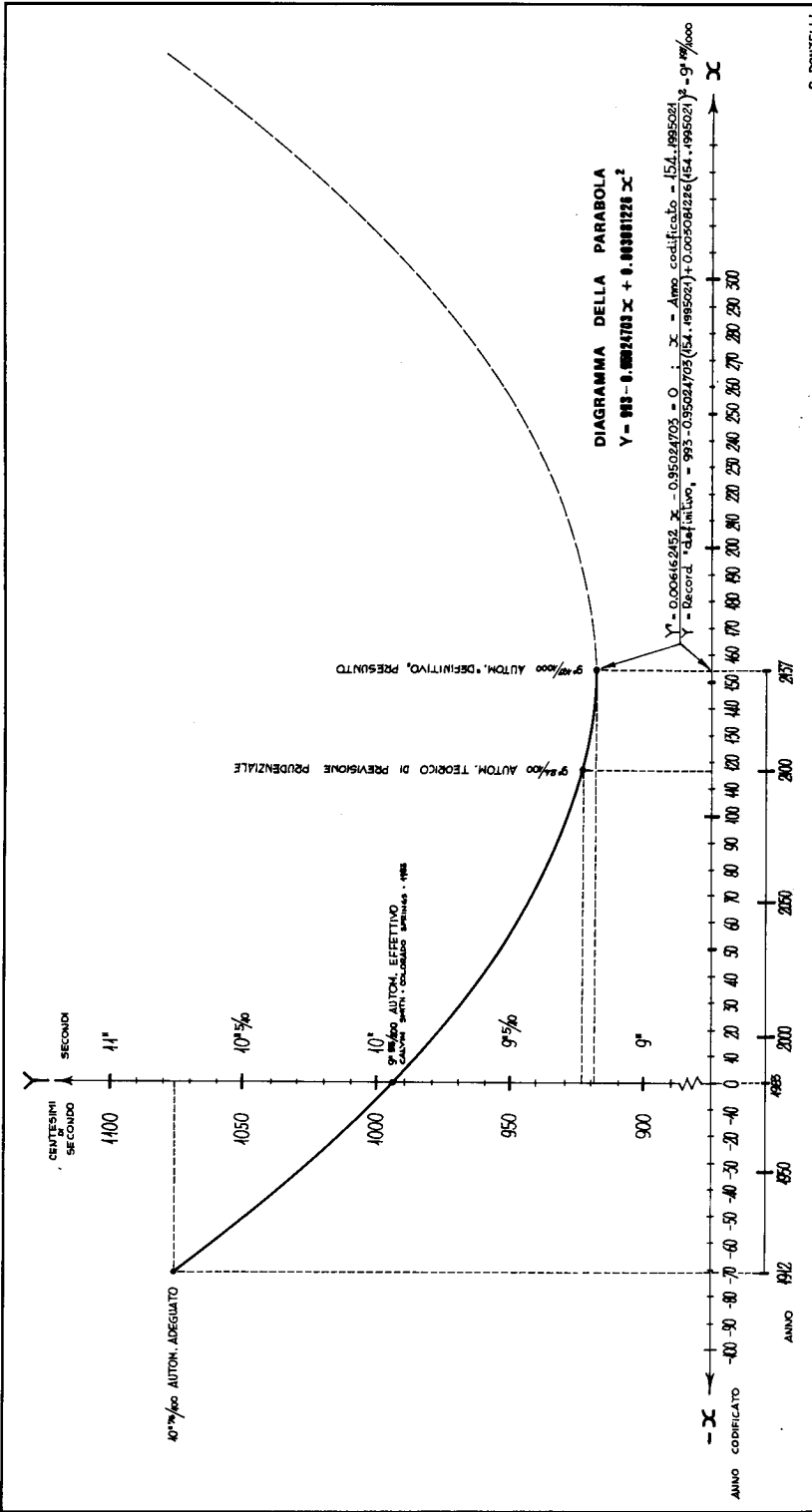


Tavola 9

Pertanto, sarà:

$$\hat{Y} = 993 - 0.95024703 (154.1995021) + 0.003081226 (154.1995021)^2$$

cioè

$\hat{Y}$  = record "definitivo" = 919.7361915  
ovvero 9''197/1000

che sarà raggiunto teoricamente nell'anno 2137, più precisamente entro il primo trimestre di detto anno (1983 + 154.1995021 = 2137.1995021).

Un rapido raffronto con le previsioni del Morton ci permette di constatare che la differenza risultante dal punto di vista tecnico è del tutto accettabile (9''197/100 contro 9''15/100, pari a 47/1000 di sec.), mentre risulta piuttosto sensibile la discordanza sui tempi di conseguimento (2187 - 1983 = 204 anni di attesa secondo il Morton, 2137 - 1983 = 154 anni di attesa secondo le risultanze del presente elaborato).

Come spiegare la differenza dal punto di vista di quello che saranno le caratteristiche di agonismo dell'uomo-atleta nel XXII° secolo è cosa molto ardua poiché troppo distante è dal nostro tempo quel futuro contesto sociale, con tutto quello che ne consegue (progresso della ricerca scientifica applicata allo sport, perfezionamento delle metodiche di allenamento, miglioramento della qualità dei materiali mediatori, intensificazione dell'intervento commerciale della sponsorizzazione, crescente livello qualitativo della selezione di base della popolazione sportiva, ecc.). Le ragioni, come è facilmente intuibile, sono molto complesse e, tra l'altro, esulano dallo scopo della nostra elaborazione. Lasciamo, pertanto, ad altri l'onere di ricercare motivazioni, eventualmente in accordo con le risultanze suggerite dal processo statistico da noi condotto.

Comunque, sulla scorta di quanto finora esposto siamo in grado di trarre alcune considerazioni sul futuro della corsa veloce. La lotta dell'atleta contro il tempo è tesa ormai ad ottenere margini di miglioramento sempre più esigui lun-

go archi di tempo sempre più ampi; tali margini saranno tra l'altro percepiti dall'uomo con sempre maggiori difficoltà. Ci domandiamo allora oggi: - E' proprio tanto lontana da noi la corsa dei 100 metri piani al millesimo di secondo? In altre parole, si passerà o no a separare due centometristi, sul filo di lana del traguardo, dagli attuali circa 10 cm. con 1/100 di sec. a circa 1 cm. con 1/1000 di sec.? Con quale nuovo tipo di strumentazione, eventualmente, se oggi all'uomo offre motivi di discussione perfino il foto-finish al centesimo di secondo? - A queste domande non si può rispondere tanto facilmente. Di sicuro si può solo dire che, quando ciò dovesse pure accadere, il destino della mortificazione dell'occhio umano sarà davvero fatto compiuto, per sempre.

La civiltà del XX° secolo, purtroppo, sembra aver già decretato che è l'ora del passaggio dalla poesia alla robotica dello Sport.

#### **Indirizzo dell'Autore**

*Dr. Otello Donzelli  
Via Umberto Saba n° 26  
00144 - Roma*