

**GESTIONE
DELL'INNOVAZIONE TECNOLOGICA**

LEZIONE 1

Angelo BONOMI

LEGGE DELLA REPUBBLICA DI VENEZIA

del 19 marzo 1474

- Caccia ai cervelli e attività inventiva
- Protezione delle invenzioni
- Utilità delle innovazioni tecnologiche per la nazione
- Criteri di novità rispetto a un territorio
- Completamento dell'invenzione come prodotto o processo
- Deposito dell'invenzione e diritto di sfruttamento esclusivo
- Cessione dei diritti di utilizzazione
- Durata limitata dello sfruttamento esclusivo
- Denuncia di contraffazione, confisca e pagamento di danni
- Privilegio di sfruttamento per lo Stato

DEFINIZIONI DI TECNOLOGIA

Enciclopedia Universale (fine XIX Secolo)

Scienza delle arti industriali Scopo suo precipuo è quello di procurare agli artefici ed agli industriali le cognizioni teorico-pratiche necessarie a ben riuscire e perfezionare le loro produzioni

Enciclopedia Generale De Agostini (fine XX Secolo)

Complesso delle macchine, degli strumenti, dei processi produttivi e delle conoscenze applicate di una società in un determinato periodo. Sottintende l'esistenza delle organizzazioni sociali e produttive che permettono l'effettuazione di quei processi. In senso più stretto si intende per tecnologia qualsiasi applicazione scientifica alla produzione di beni o servizi

DEFINIZIONE DI TECNOLOGIA

Santa Fe Institute, Anni 90, (S. Kauffmann, J. Lobo, W.G. Macready, P. Auerswald, K. Shell)

Una tecnologia può essere considerata come una sequenza di operazioni, ognuna caratterizzata da un possibile insieme di istruzioni. Ogni tecnologia può essere definita attraverso le operazioni e le istruzioni che la caratterizzano ed il valore della sua efficienza. Essa può essere così rappresentata in uno spazio multidimensionale chiamato Paesaggio Tecnologico.

Le tecnologie utilizzate cambiano con il tempo ed il processo alla base del cambiamento è chiamato innovazione tecnologica. Lo sviluppo di un'innovazione tecnologica può essere rappresentato da un percorso nel paesaggio tecnologico che, da un assetto iniziale innovativo di operazioni tecnologiche, si incammina, attraverso opportune modifiche delle istruzioni, verso una posizione di efficienza ottimale relativa della nuova tecnologia

L'insieme delle tecnologie costituisce un ecosistema in cui esse cooperano o competono tra di loro in funzione della loro efficienza. La natura di ecosistema dell'insieme delle tecnologie fa sì che il Paesaggio Tecnologico sia un paesaggio dinamico nel quale l'efficienza relativa di una tecnologia è il risultato della competizione o cooperazione tra le varie tecnologie.

ECOSISTEMA TECNOLOGICO

Tutte le tecnologie agiscono in uno stesso ecosistema chiamato **Ecosistema Tecnologico** e nel quale cooperano o competono tra di loro. Il risultato della competizione tra tecnologie è funzione della loro efficienza relativa che a sua volta può dipendere da molti fattori quali l'efficienza tecnica e da fattori economici e di mercato. Il successo o il soccombere di una tecnologia influenza direttamente le tecnologie che cooperano con essa.

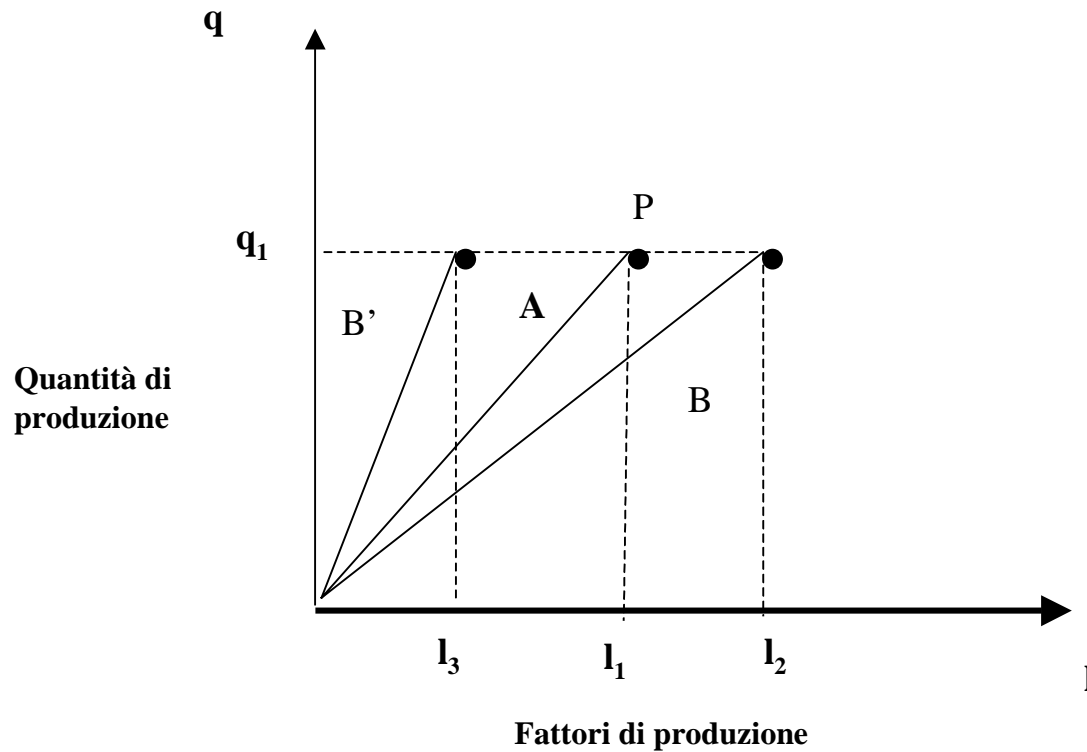
STUDI SULLA NUOVA DEFINIZIONE DI TECNOLOGIA

- Ph. Auerswald, S. Kauffman, J. Lobo, K. Shell “*The Production Recipe Approach to Modeling Technological Innovation: An Application to Learning by Doing*” September 24, 1998, Santa Fe Inst. Working Document 98-11-100
(accessibile sul sito <http://complexitec.tripod.com>)
- S. Kauffman, J. Lobo, W.G. Mcready “*Optimal Search on a Technology Landscape*” October 10, 1998, Santa Fe Inst. Working Document 98-10-091E
- J. Lobo, W.G. Mcready “*Landscapes: A Natural Extension of Search Theory*” May 18, 1999, Santa Fe Inst. Working Document 99-05-37
- (Accessibili sul sito www.santafe.edu)

SCIENZA DELLA COMPLESSITA' E TECNOLOGIA

- M. Waldrop “Complessità” Instar Libri 1996
- M. Gell-Mann “Il Quark e il Giaguaro: avventura nel semplice e nel complesso” Bollati Boringheri 1996
- A. Gandolfi “Formicai, Imperi, Cervelli: introduzione alla scienza della complessità” Bollati Boringheri 1999
- S. Kauffman “A Casa nell’Universo: le leggi del caos e della complessità” Editori Riuniti 2001
- A. Bonomi “Sistemi Complessi: i sistemi complessi nella gestione della tecnologia e della ricerca & sviluppo” Febbraio 2002 (bozza accessibile sul sito <http://complexitec.tripod.com>)

EFFICIENZA DI UNA TECNOLOGIA



$$c = l/q$$

$$\theta = q/l$$

RICETTA TECNOLOGICA

Una **ricetta tecnologica** rappresenta una lista completa di istruzioni per un certo numero di operazioni necessarie per una data tecnologia per produrre un output di una certa quantità di prodotto a partire da un input di una certa quantità di fattori di produzione.

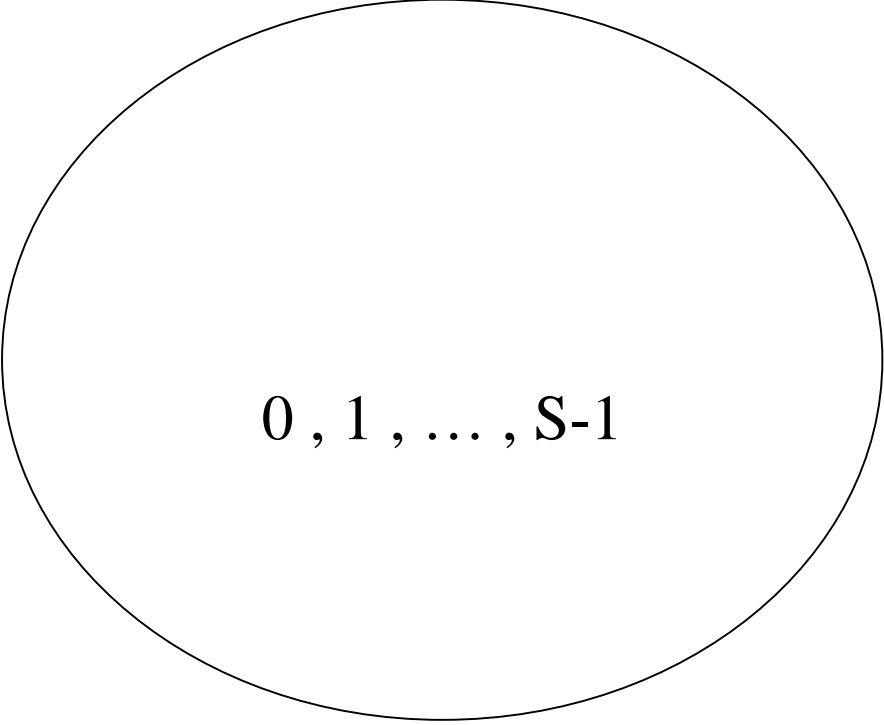
La scelta delle istruzioni deve essere considerata sempre discreta e può essere identificata semplicemente da un numero

**INSIEME DELLE N OPERAZIONI
DELLA RICETTA TECNOLOGICA ω_i
CARATTERIZZATE OGNUNA DA UNA SCELTA
DI UNA PARTICOLARE ISTRUZIONE i**



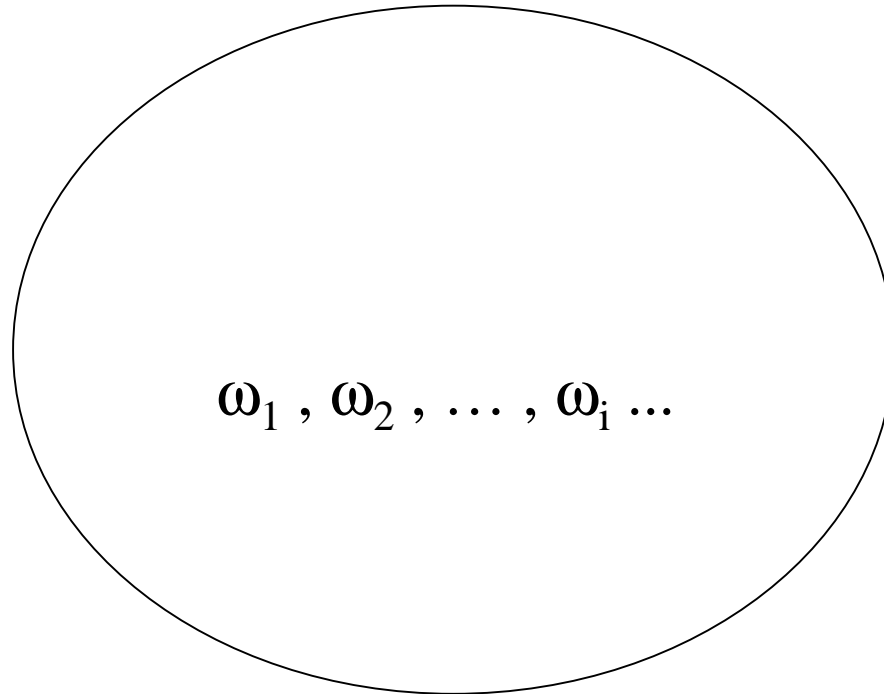
$\omega_i^1, \omega_i^2, \dots, \omega_i^j \dots \omega_i^N$

**INSIEME DELLE S ISTRUZIONI DELLA
J-ESIMA OPERAZIONE ω_i^j**



$0, 1, \dots, S-1$

INSIEME Ω DELLE RICETTE TECNOLOGICHE



NUMERO DI TUTTE LE POSSIBILI RICETTE TECNOLOGICHE DI Ω

$$\#\Omega = S^N$$

(NUMERO DI ISTRUZIONI UGUALI A S PER TUTTE LE N OPERAZIONI)

TECNOLOGIA COME INSIEME DI RICETTE TECNOLOGICHE

Una tecnologia può essere considerata come l'insieme delle ricette tecnologiche ottenibili da tutte le combinazioni possibili di istruzioni per le operazioni che caratterizzano la tecnologia

Una tecnologia è differente da un'altra se almeno un tipo di operazione o la sua posizione nella sequenza che la caratterizza è differente

EFFICIENZA DI UNA RICETTA TECNOLOGICA

L'efficienza di una ricetta tecnologica dipende dalle istruzioni scelte per le varie operazioni che la caratterizzano.

Ogni operazione contribuisce con il suo apporto di efficienza che dipende quindi dall'istruzione scelta per l'operazione, inoltre, l'efficienza dell'operazione può essere influenzata anche dalle istruzioni presenti nelle altre operazioni della ricetta.

In conclusione l'efficienza di una ricetta tecnologica è data dalla sommatoria dei contributi di efficienza delle varie operazioni che a sua volta dipendono sia dalla istruzione scelta per ogni operazione che eventualmente anche dalle istruzioni scelte per le altre operazioni

DISTANZA TRA RICETTE TECNOLOGICHE

Si intende per distanza \mathbf{d} tra due ricette ω ed ω' il minimo numero di cambiamenti di istruzioni che bisogna fare per rendere ω identica ad ω' .

L'operazione è simmetrica e quindi $\mathbf{d}(\omega, \omega')$ è uguale a $\mathbf{d}(\omega', \omega)$

La distanza è quindi espressa da un numero intero compreso da 1 a n

VICINI DI UNA RICETTA TECNOLOGICA

Si intende per vicini di una ricetta ω l'insieme N delle ricette che si trovano a una certa distanza \mathbf{d} da ω

Si può dimostrare che dato un insieme Ω di ricette ciascuna comprendente N operazioni ognuna composta da S istruzioni possibili, il numero di vicini dell'insieme N a distanza $\mathbf{d}=1$ da una ricetta è dato da: $\#N = (S-1)N$.

DEFINIZIONE DI GRAFICO TECNOLOGICO

Un **Grafico Tecnologico** Γ è costituito da un insieme di nodi che rappresentano tutte le ricette di una tecnologia ognuno dei quali è unito agli altri da spigoli che lo collegano agli altri nodi (ricette) che si trovano a distanza $\mathbf{d}=1$ nel grafico

La dimensionalità del Grafico Tecnologico è data dal numero di vicini esistenti a distanza $\mathbf{d}=1$ da una ricetta

(vedi Vicinanza delle Ricette Tecnologiche)

DEFINIZIONE DI PAESAGGIO TECNOLOGICO

Un **Paesaggio Tecnologico** L è costituito da un Grafico Tecnologico a cui ad ogni nodo viene associato il valore di efficienza θ della ricetta corrispondente.

Un Paesaggio Tecnologico è quindi una rappresentazione grafica dell'insieme delle ricette di una tecnologia Ω e del loro rispettivo valore di efficienza

STRUTTURA DI CORRELAZIONE DI UN PAESAGGIO TECNOLOGICO

La **struttura di correlazione** di un Paesaggio Tecnologico rappresenta una misura del grado di quanto le ricette tecnologiche vicine nel paesaggio possiedano valori di efficienza simili

Un paesaggio con una struttura fortemente correlata apparirà “piatto” mentre un paesaggio con una struttura poco correlata apparirà “frastagliato”

STRUTTURA DI CORRELAZIONE E INTERAZIONE TRA LE ISTRUZIONI

Studi effettuati su modelli di Paesaggi Tecnologici hanno dimostrato che il grado di correlazione nel paesaggio dipende dal grado in cui si influenzano le istruzioni delle varie operazioni

* Se le operazioni non si influenzano tra di loro la struttura risulta altamente correlata e il paesaggio sarà pianeggiante con la presenza di un solo “picco” corrispondente a una ricetta che ha un valore ottimale di efficienza.

* Se le operazioni sono poco influenzate tra di loro la struttura risulta ancora altamente correlata e il paesaggio sarà pianeggiante con la presenza in generale di pochi ”picchi “ spesso raggruppati tra di loro (cluster) corrispondenti a ricette tecnologiche che hanno un valore ottimale di efficienza e che possono essere alquanto differenti tra di loro

* Se le operazioni si influenzano molto tra di loro il paesaggio risulterà molto rugoso e frastagliato con la presenza di moltissimi “picchi” ovvero moltissimi casi di ricette che hanno efficienze ottimali locali che in genere sono molto simili tra di loro

NUMERO DI OPERAZIONI $N = 1$ NUMERO DI ISTRUZIONI $S = 2 (0, 1)$
NUMERO DI RICETTE $\#\Omega = S^N = 2$ DIMENSIONALITA' $\#N = (S - 1)N = 1$

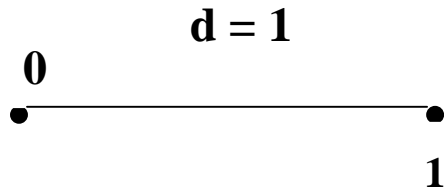
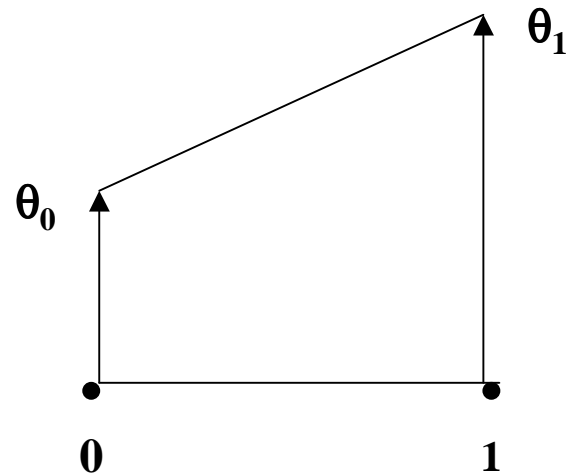


GRAFICO TECNOLOGICO



PAESAGGIO TECNOLOGICO

NUMERO DI OPERAZIONI $N = 2$ NUMERO DI ISTRUZIONI $S = 2 (0, 1)$

NUMERO DI RICETTE $\#\Omega = S^N = 4$ DIMENSIONALITA' $\#N = (S - 1)N = 2$

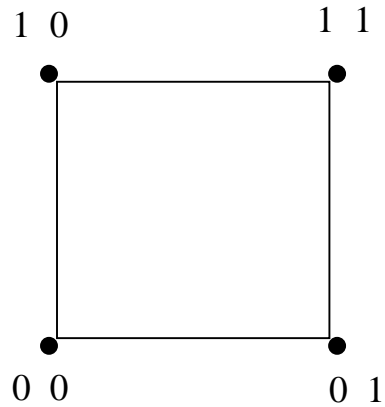
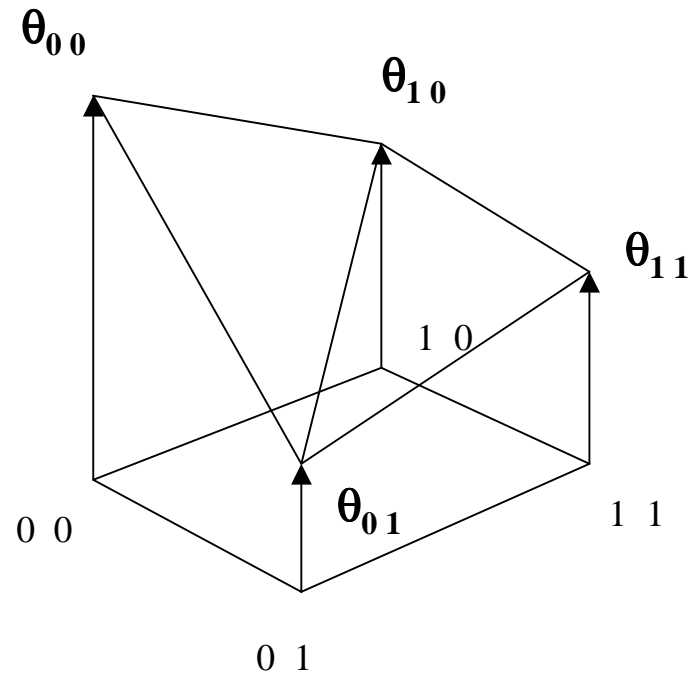


GRAFICO TECNOLOGICO



PAESAGGIO TECNOLOGICO

NUMERO DI OPERAZIONI $N = 3$ NUMERO DI ISTRUZIONI $S = 2 (0, 1)$

NUMERO DI RICETTE $\#\Omega = S^N = 8$ DIMENSIONALITA' $\#N = (S - 1)N = 3$

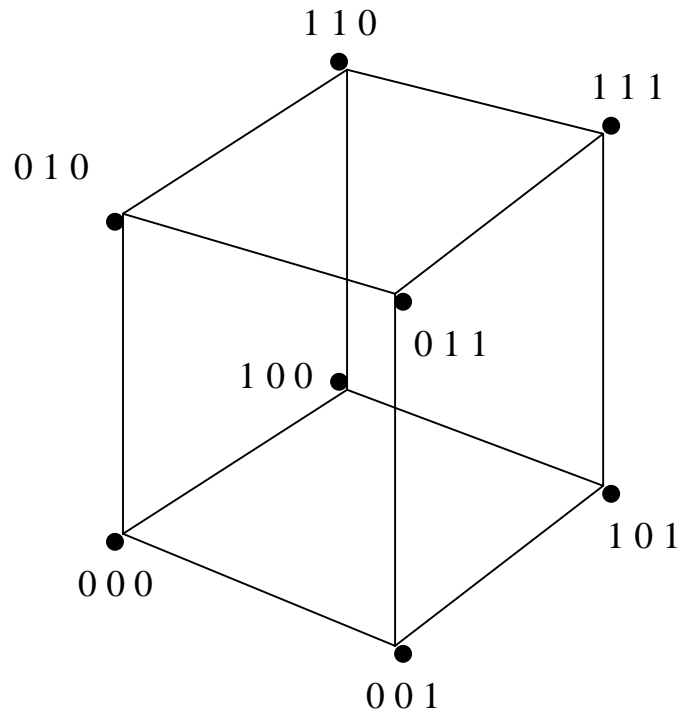
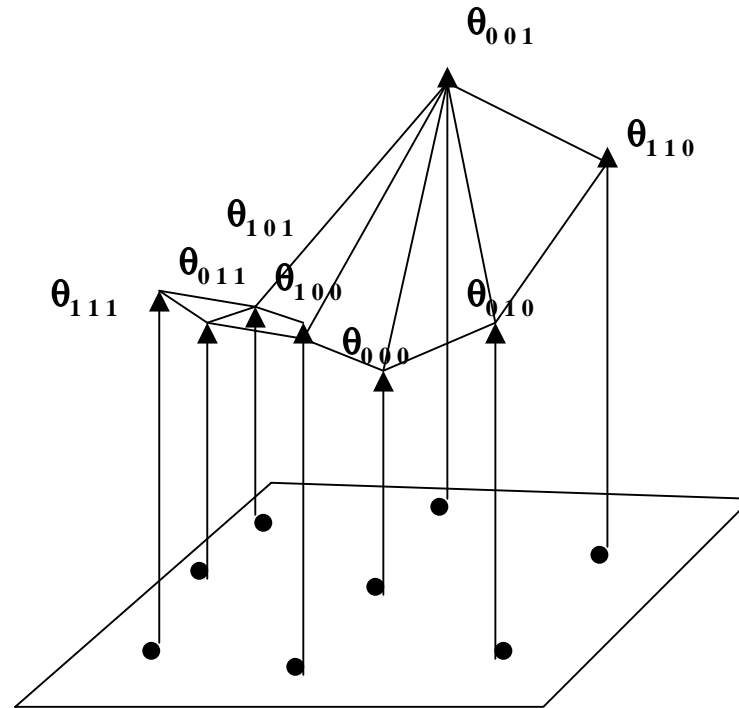


GRAFICO TECNOLOGICO



PAESAGGIO TECNOLOGICO

**RISOLUZIONE DI UN'EQUAZIONE DI 2°GRADO
ATTRAVERSO IL METODO DEL
“FITNESS LANDSCAPE”**

$$X^2 + AX + B = 0$$

$$X = 1/2A \pm \sqrt{(A/2)^2 - B}$$

SE A = 6 E B = 8 ALLORA X₁ = 2 E X₂ = 4

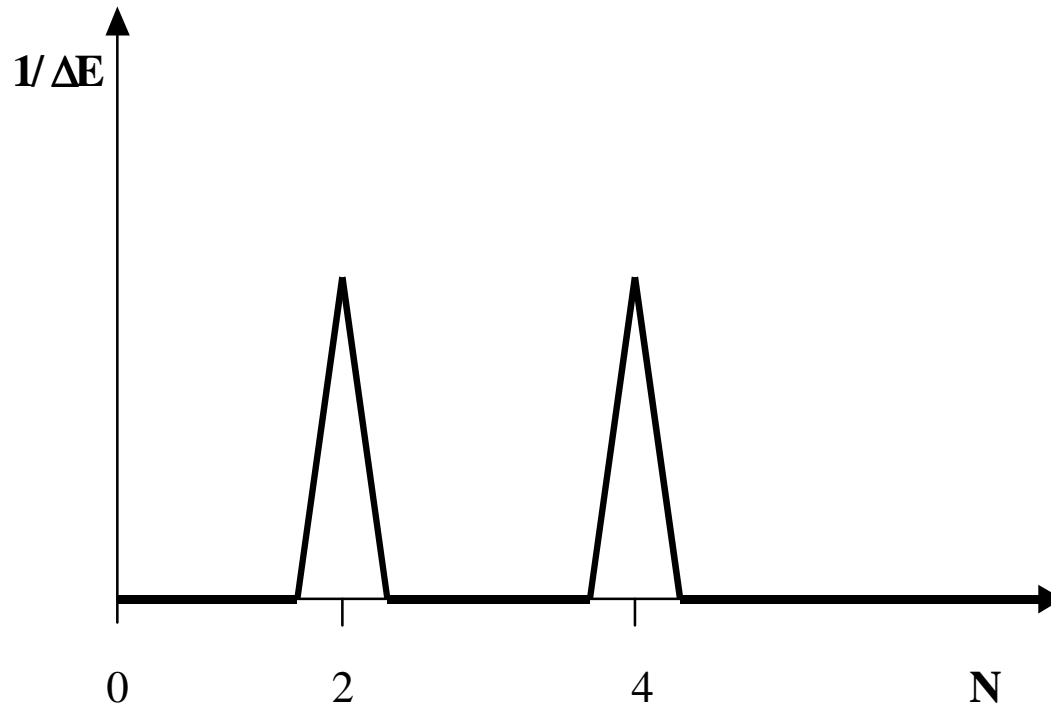
S = VALORE CASUALE ERRORE ΔE = S - R

R = 0 PER LA NOSTRA EQUAZIONE

EFFICIENZA DELLA SOLUZIONE : 1/ ΔE

FITNESS LANDSCAPE DELL'EQUAZIONE DI 2° GRADO

$$X^2 + 6X + 8 = 0$$



DIFFERENZE TRA LE SOLUZIONI ANALITICO-DEDUTTIVE E QUELLE DEL FITNESS LANDSCAPE

LE SOLUZIONI DEDOTTE ANALITICAMENTE SONO
SOLUZIONI MATEMATICAMENTE ESATTE CHE SI
TROVANO IN UN CAMPO CONTINUO DI NUMERI

LE SOLUZIONI DEL METODO DEL FITNESS
LANDSCAPE SONO SOLUZIONI APPROSSIMATE CHE
DIPENDONO DAL CALCOLATORE OVVERO DA UNA
MACCHINA E APPARTENGONO AD UN INSIEME
DISCRETO DI NUMERI LA CUI DIFFERENZA MINIMA
E' RAPPRESENTATA DAL NUMERO DI CIFRE CHE LA
MACCHINA E' IN GRADO DI MANIPOLARE
(DECIMALI)

OSSERVAZIONI SULLE SOLUZIONI DEL FITNESS LANDSCAPE

- EFFICIENZA DELLA SOLUZIONE NON INFINITA (ERRORE)
- INCERTEZZA SULL'OPTIMUM DI SOLUZIONE TROVATA (DIPENDE DALLA DIMENSIONE DEI SALTI CASUALI EFFETTUABILI)
- STRUTTURA DISCRETA DEL FITNESS LANDSCAPE RAPPRESENTATO DALL'ASSE N IN CUI NUMERI SONO POSIZIONATI A UNA DISTANZA MINIMA DETERMINATA DAL NUMERO DI CIFRE DECIMALI CHE LA MACCHINA E' IN GRADO DI MANIPOLARE