

The Nagual Experiment

L'Esperimento Nagual

M. Annunziato

Department of Energy, ENEA, Rome, Italy
e-mail mauro.annunziato@casaccia.enea.it

Sommario

Questa memoria si riferisce ad un esperimento sulla esplorazione delle strutture di vita artificiale per simulare/evocare patterns naturali o artificiali. Questi patterns sono il risultato della auto-organizzazione di una popolazione di individui durante il loro processo di sviluppo e crescita.

Benchè la dinamica locale e le interazioni abbiano un carattere caotico (parzialmente random), la dinamica globale della popolazione produce pattern interessanti e ben strutturati. Le immagini grafiche generate con queste procedure mostrano una ampia varietà di strutture in termini di simulazione di aspetti di crescita dei sistemi viventi e delle loro geometrie grafiche.

Auto-organizzazione

In questa memoria viene descritto un esperimento al confine tra arte e scienza ed in particolare nella zona di interferenza tra l'arte digitale e le teorie del caos e della complessità.

L'argomento centrale dell'esperimento è uno dei concetti fondamentali della teoria della complessità: l'auto-organizzazione. Questo concetto, introdotto da Ashby e Von Foerster negli anni 1960-70, fa riferimento ai sistemi complessi composti da una moltitudine di entità indipendenti caratterizzate da un comportamento autonomo e caotico. L'auto-orga-

Abstract

This paper refers to an experiment about the use of artificial life structures in order to simulate/evocate natural or artificial patterns. These patterns are the effect of the self-organisation of a population of individuals during their process of development and growth. Although the local dynamics and interactions have a chaotic (partially random) behaviour, the global dynamics of the population produces interesting and well structured patterns. The graphic images generated with these procedures show a wide variety of structures in terms of life (growth) simulations and graphic geometries.

Self-organisation

This paper describes an experiment at the border line between art and science. The cultural domain is the interference zone between the digital art and the theories of Chaos and Complexity.

The basic topic of my work is one of the fundamental concepts of the Theory of Complexity: the *Self-Organisation*. This concept, introduced by Ashby and Von Foerster in the 1960-1970, refers to the complex systems composed by a multitude of independent entities characterised by autonomous chaotic behaviour. The self-organisation is represented by the emerging of a global organised structure (order) in the system. This concept has been studied by

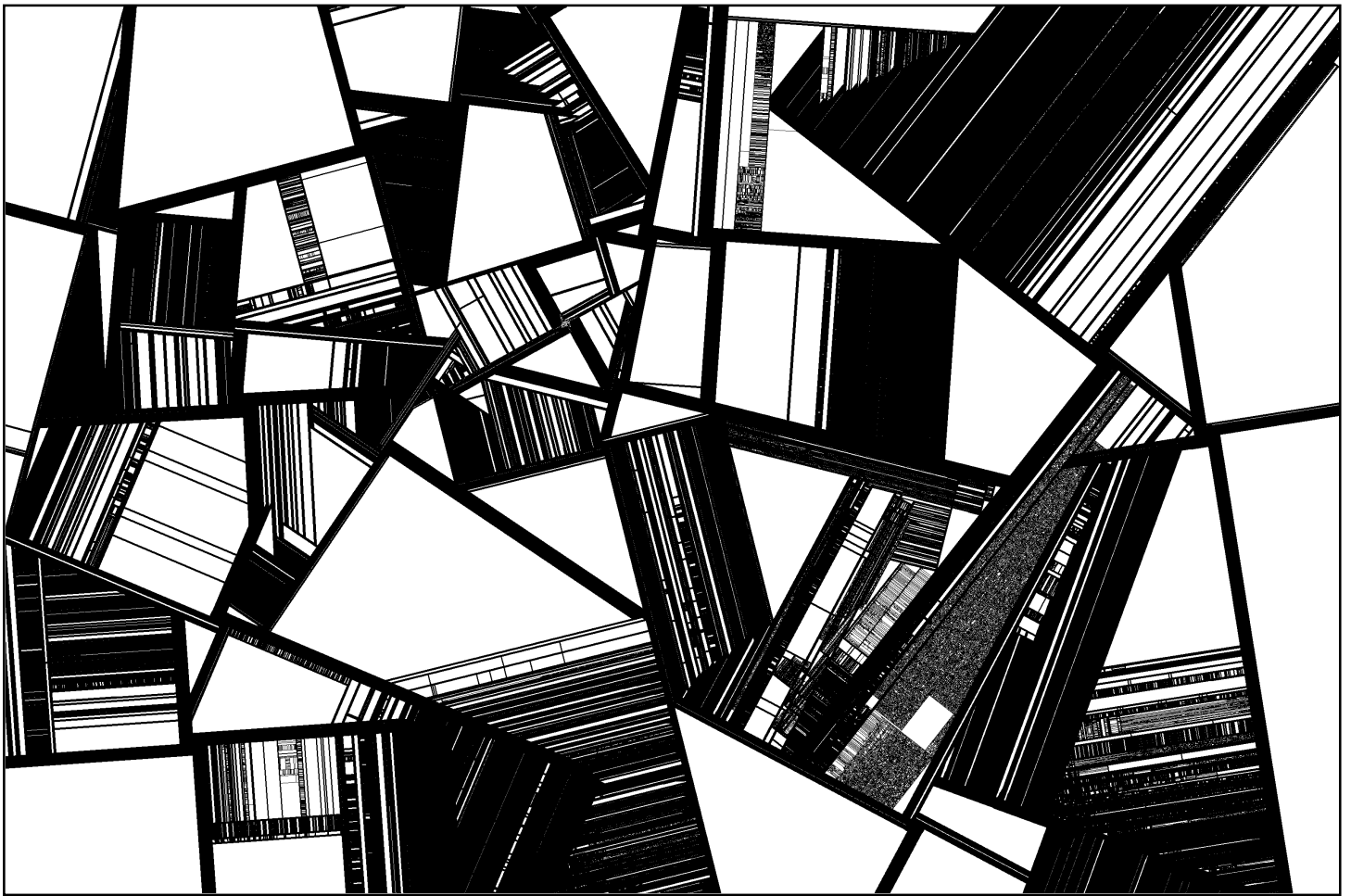


Fig. 1: "Linear Logos"

nizzazione è rappresentata dalla comparsa di una struttura globale organizzata (ordine) nel sistema. Questo concetto è stato studiato da diversi noti scienziati (p.e. Prigogine [9] e Kaufmann[6]) ed impiegato per analizzare sistemi viventi e non. Infine, il concetto di auto-organizzazione è stato utilizzato in molti contesti di scienze sociali (sistemi sociali, cultura, psicologia) e, naturalmente, nell'arte.

242 Nell'ambito delle simulazioni al computer sono state intraprese diverse linee di ricerca al fine di studiare questo specifico aspetto come gli *automi cellulari* basati su un ruolo locale completamente deterministico [12]. Altre strategie di ricerca hanno fuso l'auto-organizzazione con la selezione naturale includendo l'evoluzione genetica [4], la *vita artificiale* [3,5], la *crescita frattale* [11] e lo studio delle caratteristiche delle organizzazioni viventi (*autopoiesis* [8]).

Le definizioni di questi concetti sono spesso qualitative. Gli scienziati del caos e della com-

several scientists (i.e. Prigogine [9] and Kaufmann [6]) and applied to analyzing living and not living systems. Finally, the self-organisation concept has been utilised in many contexts of human sciences (social systems, culture, psychology) and, naturally, art.

In the context of the computer simulations, several research branches have been started in order to study this specific aspect like the *cellular automata* approach based on a completely deterministic local rules [12]. Other research strategies have mixed the self-organisation with the natural selection including genetics, random generation (genetic evolution [4], *artificial life* [3,5], *fractal growth* [11]) and studies about the characteristics of living organisations (*autopoiesis* [8]).

The definition of these concepts are often qualitative. The scientist of chaos and complexity use the terms "*emerging pattern*"



Fig. 2: "Tendency"

plexità usano i termini "*emerging pattern*" e "*emerging behaviour*" per fare riferimento al concetto di auto-organizzazione o al comportamento degli esseri viventi. Questi limiti ambigui delle definizioni (talvolta correlati alla fondazione di un nuovo e ben definito linguaggio su questi argomenti) lasciano ampio spazio di espressione in termini di arti visive e generative. Diversi artisti (per la maggior parte facendo uso di computers) fanno riferimento a questi concetti nei loro lavori.

In modo simile, il nostro obiettivo è di indagare su questi argomenti (auto-organizzazione in un contesto di vita artificiale) usando la *parte sinistra* della nostra mente: intuizione, emozioni e sensibilità estetica. In questo senso, questo esperimento è libero da ogni implicazione sulla simulazione della *vita-come-è (life-as-it-is)* o della *vita-come-potrebbe-essere (life-as-could-be)* sui cui biologi e fisici della *artificial life* sono impegnati [5]. Semplicemente, l'intento è quello di esplorare nuovi percorsi nell'*arte-come-potrebbe-essere (art-as-could-be)* operando nel dominio percettivo attraverso l'evoluzione di immagini digitali in bianco e nero.

and "*emerging behaviour*" in order to refer to the self-organisation concept or to the behaviour of living entities. These ambiguous limits of the definitions (probably related to the foundation of a new language on this topics) leave a wide space to express it in terms of visual and generative arts. Several artists (mostly using computers) recall this concept in their works.

In a similar way, my goal is to investigate these topics (self-organisation in a context of artificial life) using the *left part* of our mind: intuition, emotions and aesthetic sensibility. In this sense, this experiment is free from any theoretical implication about the simulation of the *life-as-it-is* or the *life-as-could-be* on which biologists and physicists of the Artificial Life are engaged [5]. Simply, I want to take a walk in the *art-as-could-be* operating in the perceptive domain through the evolution of black-white digital images.

The name of the experiment described in this paper (*Nagual*) is inspired to the thirty years work of Carlos Castaneda and in particular to the mystic myth of Nagual [1,2]: a very

Il nome dell'esperimento descritto in questa memoria (*Nagual*) è ispirato ai trenta anni di lavoro di Carlos Castaneda ed in particolare al mito mistico del Nagual: un mito molto antico (diffuso nell'America Latina) rivisto sotto aspetti differenti da culture antiche e contemporanee. La parte sconosciuta e incontrollabile di noi, con le sue capacità percettive e creative, è ben rappresentata dal mito del Nagual [1,2]. In questa visione, la percezione dell'uomo è vista come il risultato dell'organizzazione di *filamenti luminosi* che convergono insieme in un *punto di unione*. La posizione e la configurazione del punto di unione e i filamenti determinano il potenziale di percezione.

La scelta di questo riferimento deriva dalla convinzione che il mito del Nagual sia una visione evocativa del concetto di auto-organizzazione. Inoltre le immagini che si producono sono costituite da filamenti che evolvo-

ancient myth (diffused in the Latin-America) reviewed under different aspects by ancient and contemporary cultures. The unknown and uncontrollable part of us, with its powerful perceptive and creative capacities, is well represented by Nagual myth. In this way, the perception of the man is seen as the result of the organisation of *luminous filaments* converging together in an *assemblage point*. The position and configuration of the assemblage point and filaments determines the potential of perception.

I choice this reference because I found that the Nagual myth is an evocative vision of the self-organisation concept. Furthermore, the images I produce are constituted by evolving filaments which organise themselves in patterns. Finally, one of the main inspirations of my work is based on the metaphor between graphic emotive impact and mind dynamics.



Fig. 3: "Neuron Landscapes"

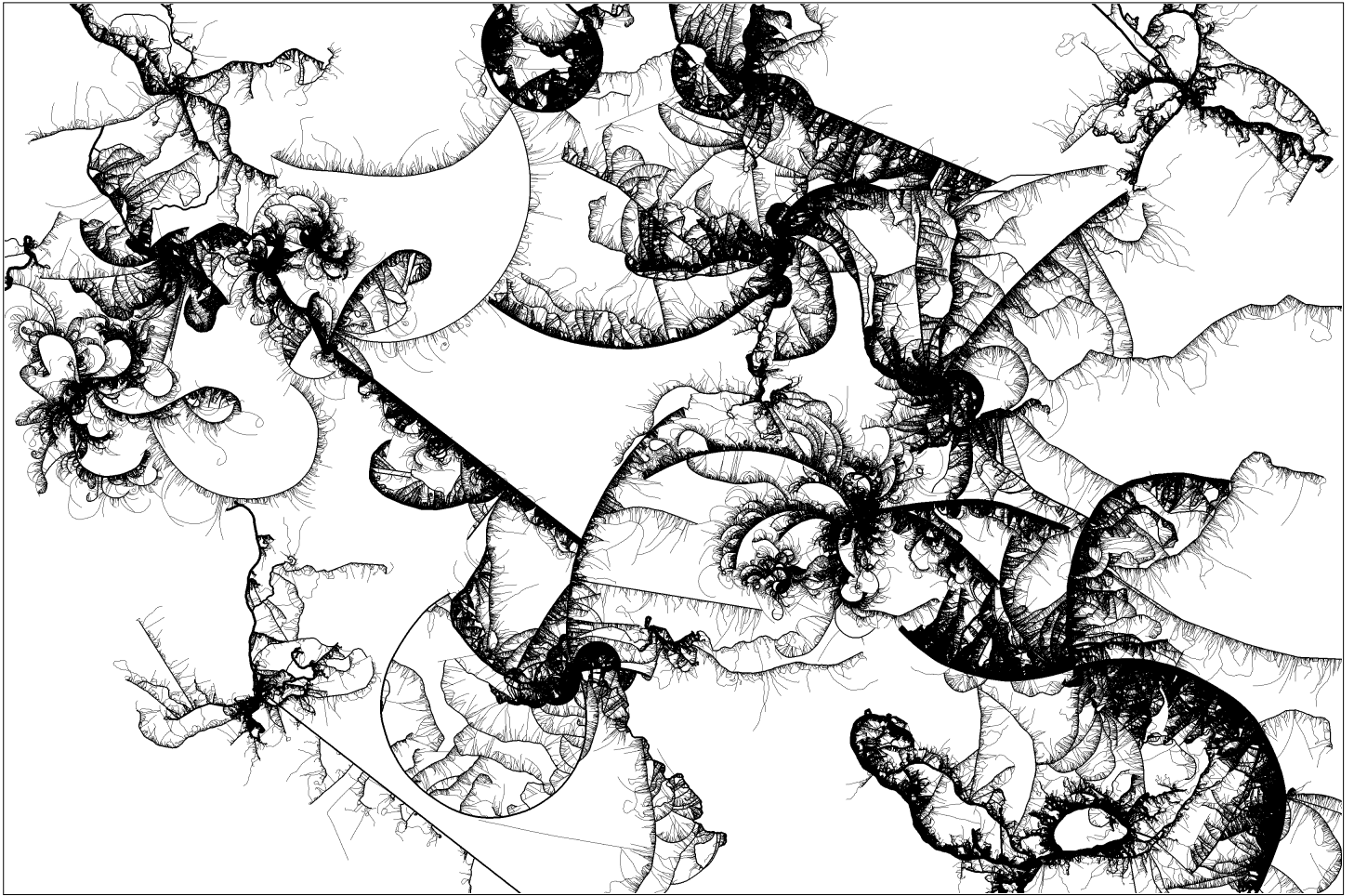


Fig. 4: "Creativity"

no e che si organizzano in pattern. Infine, una delle più importanti ispirazioni di questo lavoro è basata sulla metafora tra impatto grafico emotivo e dinamiche della mente.

Il processo evolutivo

La generazione delle immagini si fonda sulla evoluzione di una popolazione di individui rappresentati da punti neri in movimento (o meglio filamenti in crescita) sullo spazio bianco dell'immagine (lo *spazio vitale*). Ogni individuo è descritto da una serie di caratteristiche genetiche che influenzano la modalità di movimento (*random-probabilistic walk*) e la probabilità di riproduzione e morte. Inoltre, alcuni vincoli ambientali influenzano le dinamiche dell'intera comunità.

I parametri dell'evoluzione di ogni individuo sono codificati attraverso alcune caratteristiche individuali: carattere, energia, irrazionalità, fecondità e mortalità. Tutte queste caratteristiche sono registrate in una mappa ge-

The evolutionary process

The generation of the images is constituted by the evolution of a population of individuals represented as black points moving (or filaments growing) on the white space of the image (the *life space*). Each individual is described by a series of genetic characteristics which influence the movement modality (based on a model of *random-probabilistic walk*) and the probability of reproduction and death. Furthermore, some environmental constraints influence the dynamics of the whole community.

The parameters of the evolution of each individual are codified through some individual features: character, energy, irrationality, fecundity and mortality. All these features are recorded in a genetic map. The collective development constitutes a new entity with its own autonomous and coherent pattern and with characteristics descending from the interaction and features of the population of

netica. Lo sviluppo collettivo costituisce una nuova entità con una sua propria autonomia e pattern coerenti e con caratteristiche discendenti dall'interazione e le caratteristiche della popolazione di individui. Durante l'evoluzione, lo spazio vitale diminuisce e dopo un tempo di sviluppo l'evoluzione è conclusa.

Una variabile di *carattere* codifica il movimento tipico degli individui. Il carattere *imprevedibile* è correlato ad un movimento con una curvatura completamente random. Per il carattere *tendente*, un'alta probabilità è associata a curvature prefissate. Il carattere *costante* è correlato ad un movimento con piccole fluttuazioni intorno ad una curvatura fissa. Il carattere *evolutive* è correlato ad un movimento con una curvatura che evolve nel tempo.

Per ognuno dei caratteri definiti è associata una componente random. L'importanza di questa componente è definita dalla variabile *irrazionalità*. Aumentando l'irrazionalità, aumenta la componente random. Infine, il movimento dell'individuo è il risultato di una composizione tra la scelta individuale ed un parametro ambientale chiamato *libertà*. In presenza di una elevata libertà ambientale l'individuo è libero

individuals. During the evolution, the life space decreases and after a development time, the evolution is concluded.

The *character* codify the typical movement of the individual. The character *unforeseeable* is related to a movement with a completely random curvature. For the character *tending*, a higher probability is associated to pre-fixed curvature. The *constant* character is related to a movement with low fluctuations around a fixed curvature. The *evolutive* character is related to a movement with a curvature evolving along the time.

For each one of the defined characters a random component is associated. The importance of this component is defined by the *irrationality* feature. Increasing the irrationality, increases the random component. Finally the real movement of the individual is the result of the composition between the individual choice and an environment parameter which is named *freedom*. At high freedom the individual is free to follow his character. At low freedom the environment tends to impose to the individual the straight movement.

An individual dies when it meets the trail of

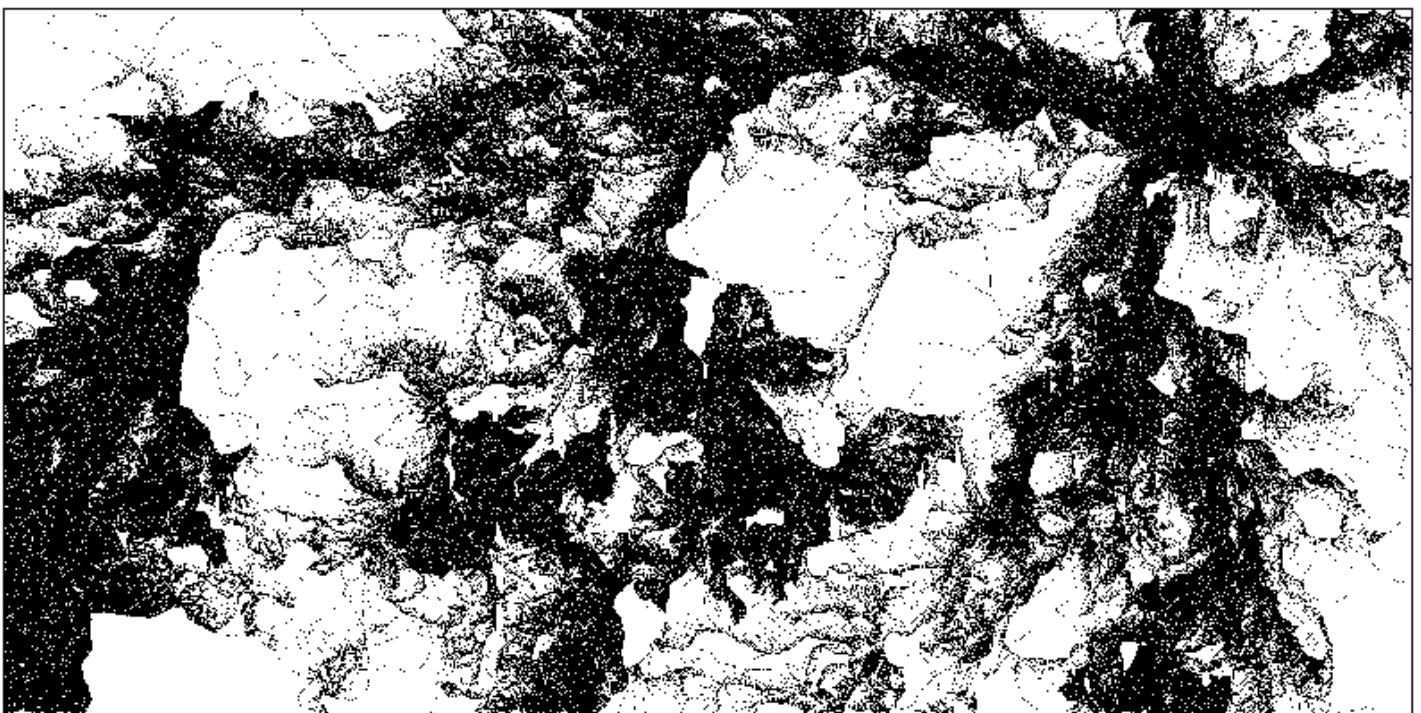


Fig. 5: "Micro-organisms of Memory"

di seguire il proprio carattere. A bassi valori di libertà l'ambiente tende ad imporre all'individuo un movimento diritto.

Un individuo muore quanto incontra il percorso di un altro individuo. Altrimenti esso può morire di morte naturale (in relazione ad un fattore di mortalità). Un singolo individuo può generare un figlio con una mappa genetica simile ma con energia minore. Questa posizione è stabilita per evocare la crescita delle piante: i figli-ramo sono più sottili dei genitori. Il tasso di riproduzione è regolato da una probabilità di riproduzione (fecondità). Una minima soglia di energia è richiesta per la riproduzione.

I pattern archetipi

In relazione alle regole di movimento emerge una relazione emotiva tra caratteristiche genetiche ed i patterns grafici. Le linee dritte rappresentano il carattere razionale-analitico o una creatività inespressa. Linee con un an-

other individual. Otherwise it can die for natural death (depending by a mortality factor). One single individual can generate a son with similar genetic map but with a lower energy. This position is established to evoke the plant growth: the *branch-sons* are thinner of the parent. The reproduction rate is regulated by a reproduction probability (fecundity). A minimal threshold on the energy is required for the reproduction.

The Archetypal Patterns

Depending by the movement rules I established an emotive relation between the genetic characteristics and the graphic patterns. The straight lines represent the rational - analytic character or an unexpressed creativity. Lines with a constant bending represent a constant foreseeable behaviour, while the variability of the paths is referred to the unforeseeable or to the irrationality. The evolutive character is represented by a line changing in progress its curvature. The environmental coercion forces



Fig. 6 "neuro-Society"

damento costante rappresentano un carattere prevedibile e costante, mentre la variabilità dei percorsi si riferisce all'imprevedibilità o all'irrazionalità. Il carattere evolutivo è rappresentato da una linea che cambia progressivamente la sua curvatura. Le forze ambientali costringono gli individui a ridurre i cambiamenti di direzione. Il caso influenza i percorsi e la nascita di nuove vite. Attraverso caratteristiche differenti degli individui, il caos determina forme molto complesse.

Cambiando i parametri del processo (sarebbe impossibile esplorare tutte le configurazioni), questo esperimento genera pattern molto diversi ricordando la crescita di popolazioni (piante, animali, reti neurali) paesaggi (fiumi, fratture, montagne, campi coltivati), artefatti umani (chips, frammenti di vetri, architetture), visioni (forme antropomorfe, animali).

Tutte queste forme sono caratterizzate da una distribuzione completamente diversa nello spazio e linee e giunzioni di qualità differente (diverse *dimensioni frattali* [7]). La forma finale globale è fortemente connessa alle dinamiche di crescita.

In questo paragrafo verranno illustrati alcuni esempi di pattern risultanti. Essi possono essere considerati come una ricerca di pattern primitivi (archetipi) che rappresentano dinamiche di crescita simili per fenomeni naturali completamente differenti.

Usando una libertà ambientale inferiore o individui caratterizzati da una bassa irrazionalità, si ottiene una tipica forma a cristallo, come riportato negli esempi in figura 1. Materiali granulari, frammenti di vetro o artefatti umani (microchip, campi coltivati, architetture urbane) sono le maggiori evocazioni per queste immagini.

Aumentando la libertà ambientale, si creano specifiche forme secondo il carattere individuale. La figura 2 mostra un esempio di carattere *costante* a bassa componente random (bassa irrazionalità). Essa produce spirali ordinate nello spazio che richiamano l'elegante disegno delle conchiglie marine o delle piante.

Aumentando la fecondità e la mortalità, il

the individuals to reduce the changes of the direction. The case influence paths and birth of a new life. Through different characteristics of the individuals, chaos determine very complex shapes.

Changing the parameters of the process (it was impossible to explore all the configurations), this experiment generates very different patterns remembering the growth of populations (plants, animals, neural networks), landscapes (rivers, fractures, mountains, cultivated fields), human artefacts (chips, glass fragments, architecture), visions (anthropomorphous shapes, animals).

All these shapes are characterised by a completely different distribution in the space and by different line and junction features (different *fractal dimensions* [7]). The final global shape is strongly connected to the growth dynamics.

In this paragraph I will give some examples of resulting patterns. It can be considered as a research of primitive (archetypal) patterns which represents similar growth dynamics for completely different natural phenomena.

Using a low environmental freedom or individuals characterised by a low irrationality, a typical crystal like pattern is obtained as the example reported in fig. 1. Granular materials, glass fragments, or human artefacts (microchips, cultivated fields, urban architectures) are the principal evocations for these images.

Increasing the environmental freedom, specific shapes occur depending on the individual character. The fig. 2 show a examples of the *tending* character at low random component (low irrationality). It produces ordered spirals in space recalling the elegant design on the sea shells or the well structured plants.

Increasing the fecundity and mortality, the pattern of individuals with *unforeseeable* character produces long branches with short filaments. The collective pattern assumes the aspect of synaptic connections (fig. 3) or chromosome filaments.

The evolutive character gives very interesting results showing the self-organisation of spirals

pattern di individui con carattere imprevedibile produce lunghi rami con filamenti corti. Il pattern collettivo assume l'aspetto di connessioni sinaptiche (fig. 3) o filamenti di cromosomi.

Il carattere evolutivo da risultati interessanti che mostrano l'auto-organizzazione di spirali in onde grandi e piccole o in un pattern creativo quando la componente random è alta (fig. 4). Altre due interessanti esperimenti mostrano l'evoluzione di una colonia di micro-organismi (alta fecondità, fig. 5) o un pattern molto complesso con una larga varietà di forme e articolazioni (fig. 6).

Biforcazioni, auto-organizzazione ed effetti di scala

Nel processo evolutivo avvengono forti cambiamenti nella colonizzazione dello spazio vitale. Questi cambiamenti rappresentano delle *biforcazioni* nel carattere e nelle interazioni degli individui. Zone molto dense sono spesso alternate o adiacenti a zone a bassa densità. Questo meccanismo nella maggior parte dei casi è dovuto all'azione dinamica di individui dominanti che agiscono come *pionieri* creando forti divisioni nello spazio. La conseguente colonizzazione dello spazio è guidata da queste strade principali che definiscono i confini di auto-organizzazione di una comunità locale di individui.

La fig. 6 mostra un esempio di questo effetto. In questo caso è possibile osservare una differente cooperazione tra gli individui su diverse zone dell'immagine. Questa immagine è una delle più interessanti dal punto di vista dell'auto-organizzazione. Sembra che una complessità interna si sviluppi per organizzare gli individui con caratteristiche che evolvono durante lo sviluppo. Il titolo dato a questa immagine è *Neuro-Society*: essa richiama le dinamiche delle società come effetto globale della sinergia delle dinamiche della mente e del comportamento di una comunità di persone.

Una condizione importante, necessaria ad ottenere caratteristiche di auto-organizzazione, è l'uso di un'alta risoluzione per l'immagine-lattice (un ampio spazio vitale). La caratteristi-

in large and small waves or in a very creative pattern when the random component is high (fig. 4). Other two interesting experiments show the evolution of a plant or micro-organism colony (high fecundity, fig. 5) or a very complex pattern with a large variety of shapes and articulations (fig. 6).

Bifurcations, Self-Organisation and Scale Effects

In the evolution process occur strong changes in the modality of the colonisation of the life space. They represent *bifurcations* in the individuals behaviour and interaction. Very dense zones are often alternate (adjacent) to low density zones. This mechanism, in most of the cases is due to the dynamic action of dominant individuals which act like *pioneers* creating strong divisions in the space. The subsequent colonisation of the space is driven by these *main streets* which define the borders of self-organisation of a local community of individuals.

The fig. 6 clearly shown an example of the importance of this effect. In this case it is possible to observe a different individual cooperation between different zones of the image. This image is one of the most interesting by the point of view of the self-organisation. It seems that an internal complexity is developed in order to organise individuals with characteristics which evolve during the development. The name I have given to this image is *Neuro-Society*: it recall me the dynamics of society as the global effect of the synergy of mind dynamics of a community of people.

An important condition, necessary to obtain self-organising behaviours, is the use of a high resolution for the image-lattice (wide life space at the initial conditions). The interesting characteristic of the resulting images is the very high density of graphic details. This feature gives to the observer the possibility of interact with the image at different scales outlining effects of *self-similarity* [7]. In this way it is possible to perceive as the pattern emerging in the total image is the result of interaction of many local self-similar patterns

ca interessante delle immagini risultanti è l'alta densità di dettagli grafici. Questa caratteristica da all'osservatore la possibilità di interagire con l'immagine a differenti scale sottolineando effetti di *auto-somiglianza* [7]. In questo modo è possibile percepire come il pattern emergente nell'immagine totale è il risultato dell'interazione di molti pattern locali auto-somiglianti congelati nell'immagine finale. Questo effetto richiama quello utilizzato dagli impressionisti i quali ben realizzarono l'esistenza di un sistema a scale molto complesso sotto il livello percettivo. Da questo punto di vista le vibrazioni caratteristiche dei loro lavori possono essere connesse con la natura frattale e caotica dei processi percettivi e gli oggetti dipinti.

frozen in the final image. This effect recall the one utilised by the impressionists, which well realised the existence of a complex scale system under the perceptive level. By this point of view the characteristics vibration of their works can be related with the chaotic and fractal nature of the perceptive process and painted objects.

References

1. C. Castaneda. *Tales of Power*. Simon and Schuster, New York, 1972.
2. C. Castaneda. *The Fire from Within*. Simon and Schuster, New York, 1985.
3. Emmeche. *The Garden in the Machine : The Emerging Science of Artificial Life*. Princeton Univ. Press, 1991.
- 250 4. J.H. Holland. *Adaption in Natural and Artificial Systems*. University of Michigan Press. 1975.
5. C. Langton. *Artificial Life*. C. Langton Ed. Addison-Wesley. pp. 1-47, 1989.
6. S.A. Kaufmann. *The Origins of Order: Self-Organisation and Selection in Evolution*. Oxford Univ. Press, 1993.
7. B. Mandelbrot. *The Fractal Geometry of Nature*. Freeman, New York, 1983.
8. H. Maturana, F. Varela. *Autopoiesis: The Organisation of the Living*. 1973.
9. I. Prigogine, I. Stengers. *Order out of Chaos*. Bantam, New York 1984.
10. R. Thom, *Structural Stability and Morphogenesis*, Benjamin, Reading, 1975.
11. T. Vicsek. *Fractal Growth Phenomena*. World Scientific. Press. 1991.
12. S. Wolfram. *Theory and Applications of Cellular Automata*, World Scientific Press. 1986.