الباب الثالث

تصورات لنظم الحياة اليومية

Implications of Everyday Life

قضايا النمذجة
Issues of Modelling

لقد أوردنا فيما سبق أنواعا عديدة من السلوك التى نراها فى الطبيعة ويمكن فهمها من خلال لغة البرامج البسيطة . فى هذا الباب سوف ننتقل إلى وصف بعض النظم التى نراها فى حياتنا اليومية لنحاول فهم كيف يظهر هذا السلوك وما هى سماته الأساسية .

سوف نجرى محاولة فهم ما يحدث فى نظام ما دون الدخول فى كل تفاصيل ما يحدث لأن ذلك يحتاج لكل حالة كتابا أكبر من هذا ، ولكن سوف نلقى الضوء على جوانب الموضوع التى تجعله أقل غموضا ولا نطمع فى كشف كل الغموض بأى حال ، فمثلا لنأخذ تكون بلورات الثلج وكيف تأخذ أشكالها الخلابة دون الدخول فى تفصيلات تكور أطراف البلورات والكثير من التفاصيل . يعنى هذا ببساطة أننا سنضع نموذجا بسيطاً للظاهرة التى سوف نناقشها .

لابد لأى نموذج أن يصف أهم سمات الظاهرة وليس بالتأكيد كل جوانبها وهذه سمة أساسية لعملية النمذجة . يأتى الحكم على نجاح النموذج فى وصف ظاهرة ما ليس فقط بمقارنة بعض الأرقام الناتجة عن النموذج وكيف تتحقق فى الواقع ، وإنما سوف ننظر إلى الشكل ككل وكيف يظهر السمات الأساسية لما يحدث فى الطبيعة والواقع .

بناء على هذا سوف نحكم هل هناك أوجه تشابه بين النموذج والواقع وهل هناك أيضاً فروق – وما إذا كانت هذه الفروق هامة ودرجة أهميتها .

جانب أساسى فى عملية النمذجة ألا يكون النموذج معقداً مثل الظاهرة ، وكلما استجد جديد لابد من تغيير النموذج حتى يحتوى أيضاً هذه الأمور الجديدة ويصفها . كما أن عناصر النموذج ليست بالضرورة تناظر عناصر النظام الحقيقى، فالنموذج هو تجريد رياضى للحدث الحقيقى يصفه بقدر كبير من النجاح . إنه لشىء طيب أن يصف النموذج الواقع والأفضل أن يتوقع جوانب لم تؤخذ فى الحسبان عند وضع النموذج .

لنأخذ مثال حركة كوكب ما . نعلم أن هذه الحركة تخضع لمعادلات تفاضلية. لكن ليس من المتصور أن الكوكب يحوى جهازا ليحل هذه المعادلات ويتحكم فى

هذه الحركة ، ولكن كل ما نقوله هو أن المعادلات التفاضلية تمثل نموذجا رياضيا يصف حركة الكوكب .

عند مناقشة هذه المواضيع مع الكثير من العلماء اعترض الكثير على نموذج الأوتوماتا الخلوية نظراً لأنها تتكون من خلايا انفصالية فكيف يمكن أن تصف مثل هذه الظواهر الاستمرارية . لكننى مقتنع أن النموذج سواء كان أوتوماتا خلوية أو معادلة تفاضلية أو غيرها هو مجرد تجريد رياضى يصف سلوك النظام بشكل جيد وليس بالضرورة يأخذ فى الاعتبار كل تفاصيل السلوك وإنما السمات الأساسية له فقط . فمثلا يمكن للأوتوماتون الخلوى أن يصف نمو بلورة الثلج وكيف تضاف أجزاء إلى سطحها دون الدخول فى تفاصيل ديناميكية حركة جزيئات الماء .

الجانب الأساسى والمهم هو أن النموذج يغطى الجوانب الحاكمة فى السلوك ويهمل كل الجوانب الأخرى .

فى تجربة شخصية تمت بوضع نماذج لظواهر فيزيائية استنكر الكثير عدم احتوائها على تفاصيل عديدة ، وقاموا بتطوير هذه النماذج حتى أصبحت معقدة جداً وأصبحت هذه التعقيدات غير ضرورية وبعد ما يقرب من عشر سنوات اقتنعوا بأن النماذج التى وضعتها جيدة جداً وتفى بالغرض المطلوب .

بالنسبة للنماذج الرياضية حدث شىء مماثل حيث توضع المعادلات الرياضية لوصف ظاهرة ما ثم يتحتم وضع الكثير من التقريبات فتصبح المعادلات أصعب من أن تتناولها الكثير من الحاسبات ، فيتم تبسيط المعادلات لكى نعود إلى النماذج البسيطة .

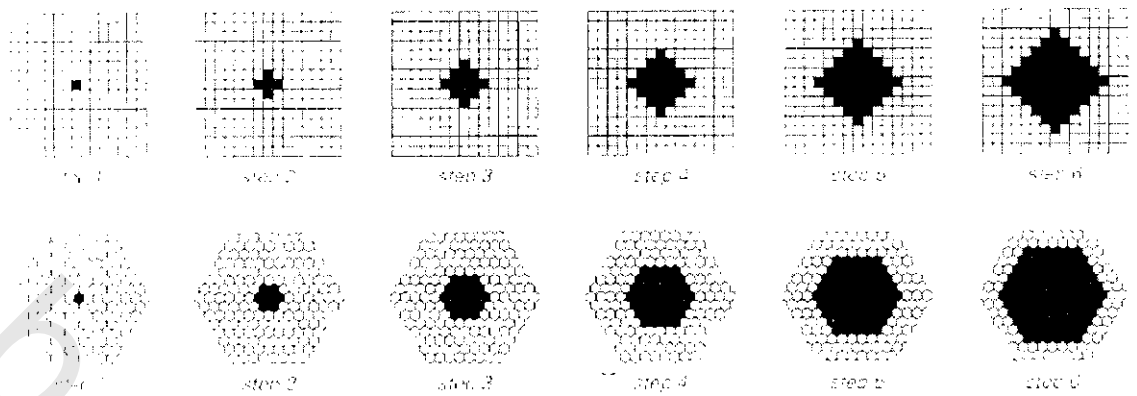
لا نواجه هذه المشكلة فى البرامج البسيطة حيث من البداية نبدأ ببرامج مبسطة جداً تصلح لأى حاسب متوسط يمكنه إجراؤها ومتابعة تفاصيل كل ما يحدث لها وكيف تتطور .

سوف نقدم عدة أمثلة واقعية تؤيد اللجوء إلى البرامج البسيطة كأداة لدراسة العديد من الظواهر الفيزيائية وغيرها كما سنرى .

نمو البلورات
Growth of Crystals

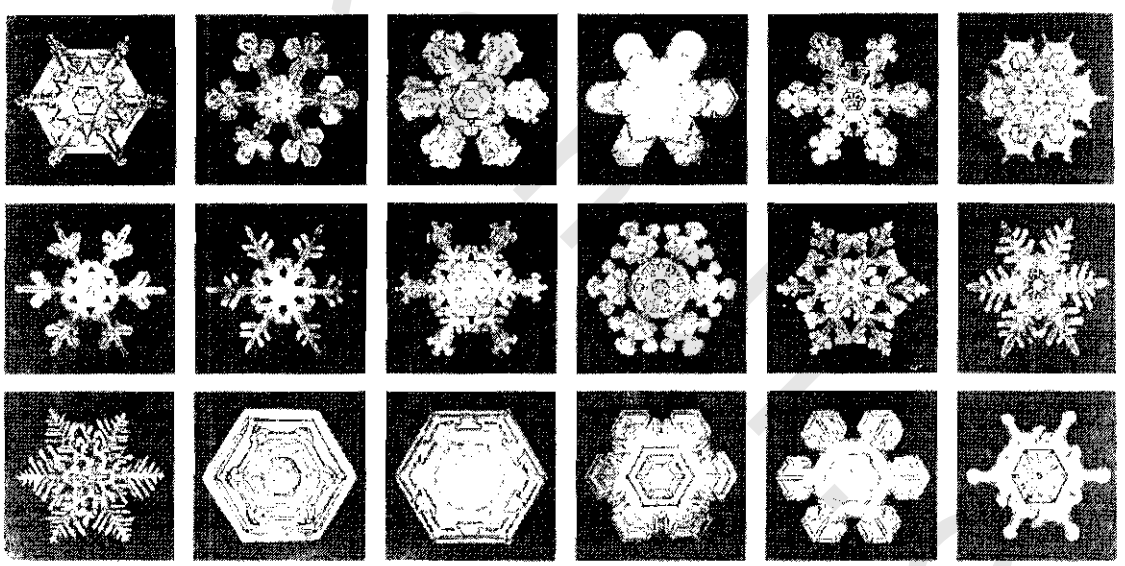
تنمو البلورات فى أشكال منتظمة حيث تترسب الذرات من الغاز أو السائل حول جسم غريب وتبدأ فى النمو .

تمثل خلايا الأوتوماتون الخلوى نموذجا رائعاً لمحاكاة عملية النمو كما تجرى فى الواقع . فى شكل (٥٧) .



شكل(٥٧)
أتوماتون خلوى حيث يشترط أن تكون الخلية سوداء إذا كانت أية خلية من جدرانها سوداء
يبين الشكل نمو البلّورة لشبيكة مربعة وسداسية

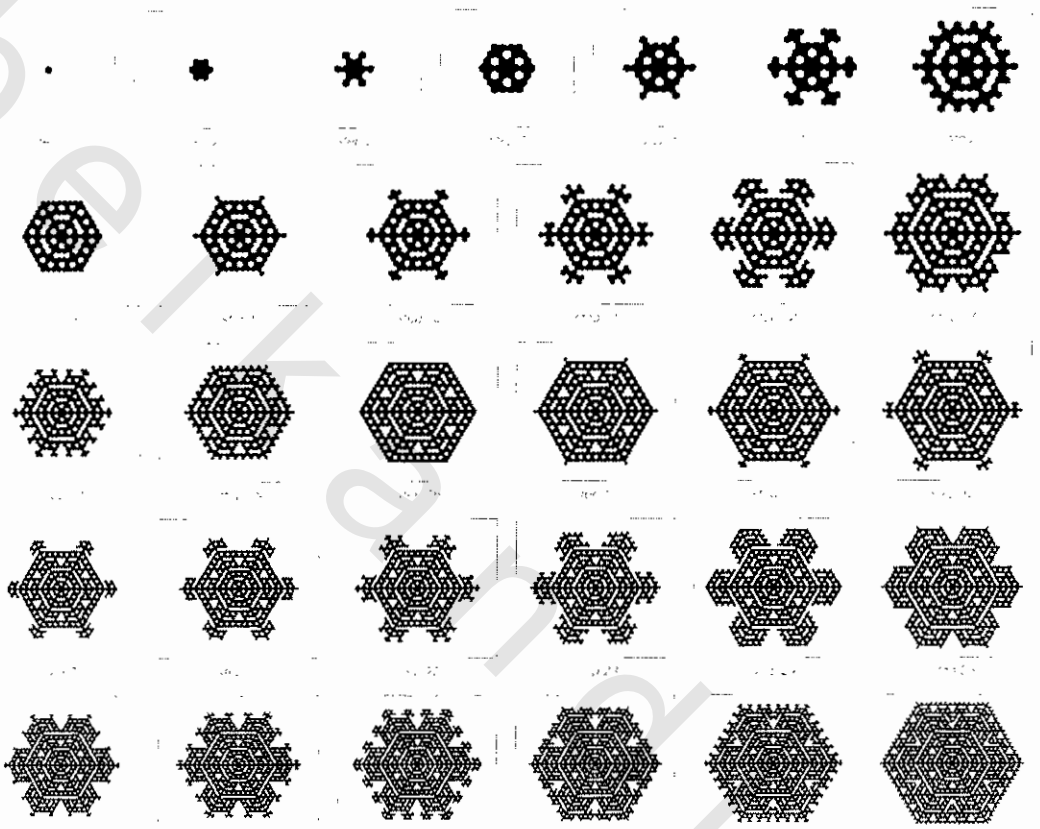
هذه أشكال بسيطة ولكن فى الواقع إذا أخذنا بلورات الثلج فإنها تأخذ أشكالا أخري معقدة كما هو مبين فى شكل (٥٨) .



شكل(٥٨)
أمثلة من الأشكال التى تتخذها بلورات الثلج ،
مع الأخذ فى الاعتبار اختلاف مقياس الرسم فى الأشكال

نلاحظ أن أشكال البلورات تتراوح ما بين أشكال شجرية وأخرى ذات أسطح صغيرة .

كما نرى فى شكل (٥٩) فإن الأوتوماتون الخلوى يعطى أشكالا قريبة جداً من الأشكال الحقيقية لبلورات الثلج.



شكل(٥٩)

تطور الأوتوماتون الخلوى حيث تكون الخلية سوداء إذا كانت إحدى جيرانها سوداء على شبيكة سداسية ، بهذا تحوى القاعدة ظاهرة تلاشى بعض الخلايا كما يحدث تماماً فى بلورات الثلج . كما نرى تشابها مذهلا للأشكال التى نحصل عليها فى خطوات عديدة مع الأشكال الفعلية .

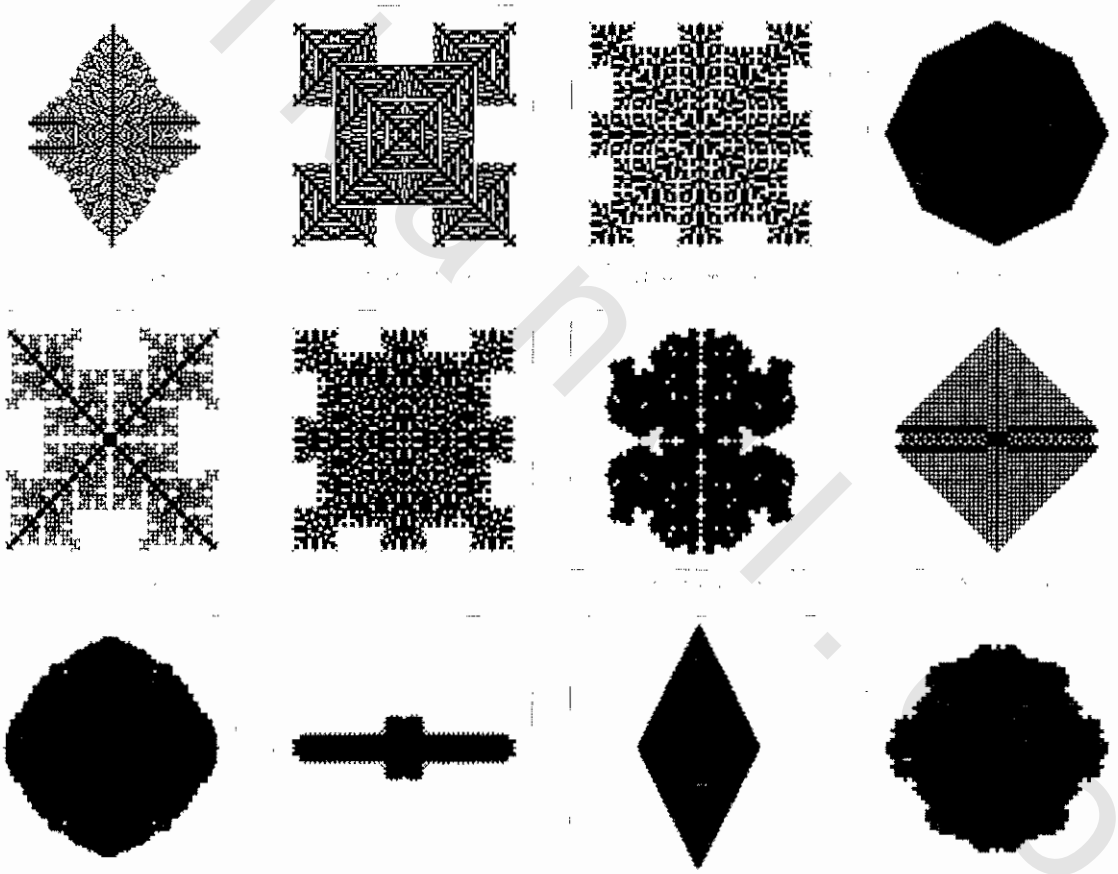
إذا نظرنا إلى كل تفاصيل عملية تكون بلورات الثلج من بخار الماء نرى أن تجمد البخار يصاحبه تولد كمية من الحرارة هى الحرارة الكامنة للتكثف والتجمد ، كذلك تتغير درجة حرارة التجمد مع انحناء السطح ، يختلف معدل انسياب الحرارة بالتوصيل فى الاتجاهات المختلفة للشبيكة السداسية ، كذلك تتولد تيارات حمل فى بخار الماء حول البلورة المتكونة وتظهر إجهادات ميكانيكية مختلفة .

فى النماذج الرياضية تُعالج بعض من هذه الجوانب ولذا نجحت النماذج الرياضية فقط فى الوصول إلى أشكال بسيطة جداً من هذه البلورات بعيداً جداً عن الأشكال المعقدة التى نراها فى الشكل السابق .

كما رأينا تنجح الأوتوماتا الخلوية فى التوصل إلى أشكال قريبة جداً من الأشكال الواقعية .

ولكن ماذا عن البلورات الأخرى ؟

فى شكل (٦٠) نرى أشكالا متباينة تتوصل إليها الأوتوماتا الخلوية .



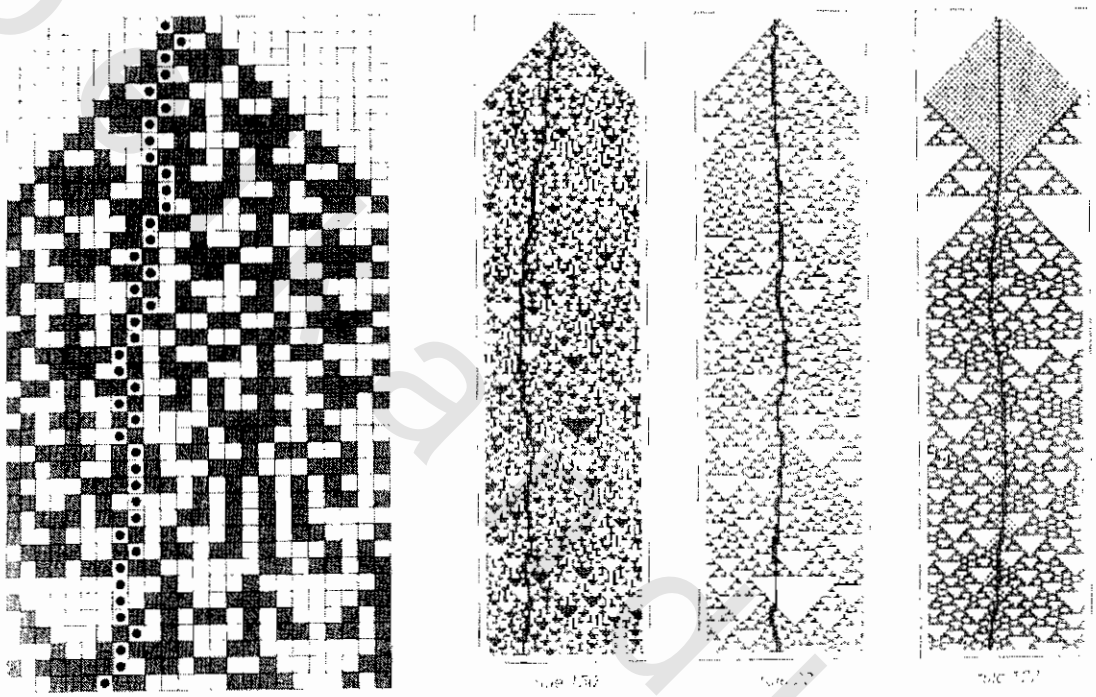
شكل(٦٠)

أشكال متباينة لأتوماتا خلوية فى بعدين حسب القاعدة أن الخلية تكون سوداء إذا كانت جيرانها (بما فيها القطرية) سوداء بالنسبة للشبيكة المربعة ، ولا تعود للون الأبيض مرة أخرى

إن ظهور مثل هذه الأشكال يثير الدهشة ، والأكثر أهمية من هذا أنه نظراً لوجود العشوائية الداخلية فى مثل هذه النظم تظهر الأشكال غير المنتظمة التى نشاهدها فى الطبيعة .

تكسُّر المواد
Breaking of Materials

تتكسر المواد سواء على المستوى الصغير مثل تكسر عمود معدنى أو على المستوى الكبير مثل فالق جيولوجى خلال عملية تبدأ بظهور شرخ على سطح الجسم ينتشر بشكل عشوائى وعنيف خلال الجسم حول المكونات الصغيرة للجسم مثل الحبيبات أو البلورات وغيرها . فى شكل ٦١ نرى نماذجا بسيطة لمثل هذه العملية .



شكل(٦١)

نموذج بسيط لأتوماتون خلوى يبين عملية التكسُّر ، يمثل لون كل خلية فى كل خطوة الإزاحة فى عنصر ما للجسم الصلب ، تمثل النقاط السوداء موضع الكسر وتنتقل من خلية أخرى لتجعل الخلية التى تليها بيضاء

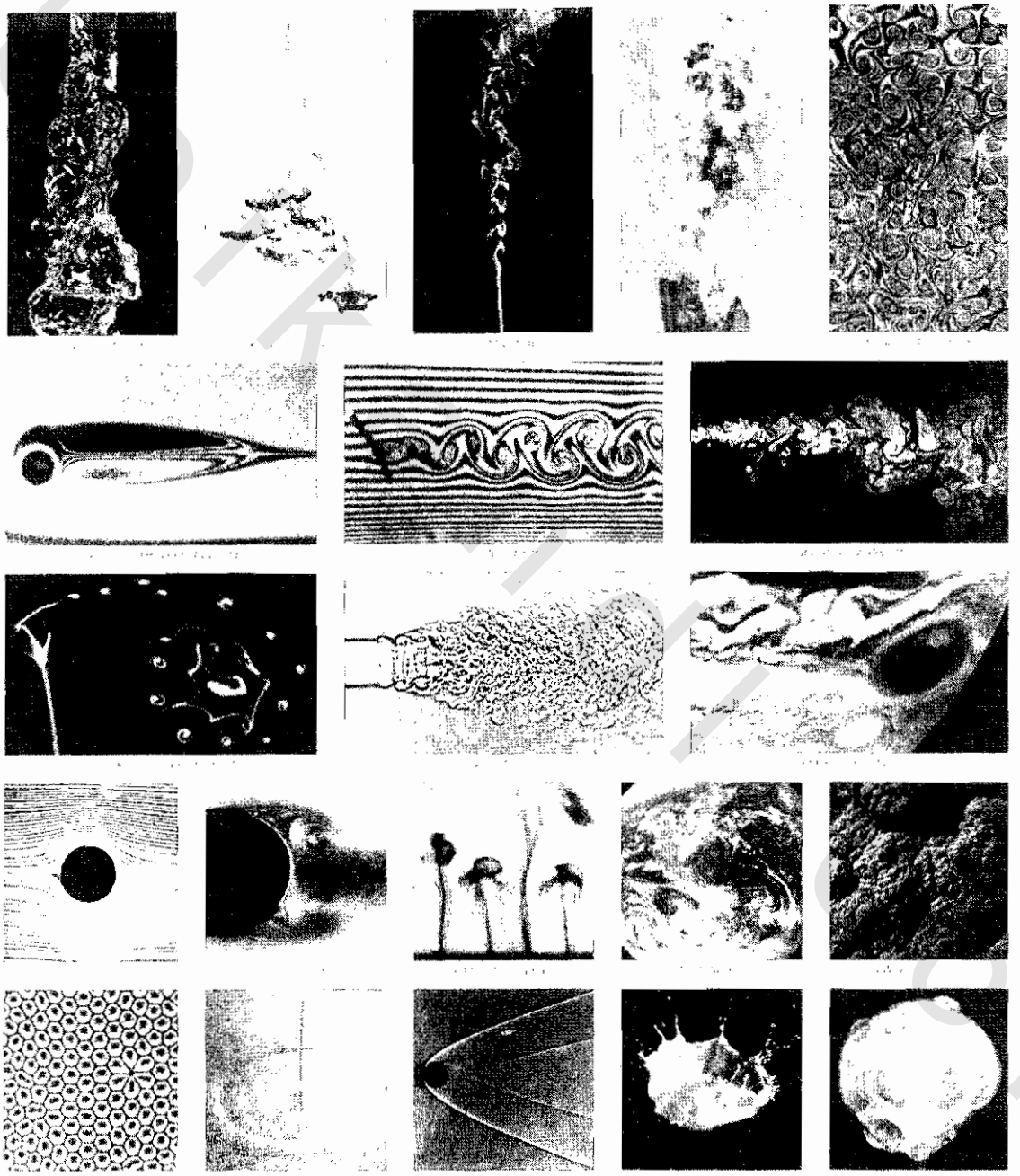
برغم أنه لا توجد عشوائية مفروضة من الخارج ، نرى أن مسارات الشروخ فى هذا النموذج تبدو عشوائية إلى حد كبير . من التجارب الفيزيائية نرى فعلا أن الانخلاعات حول الشروخ تأخذ أشكالاً شبيهة جداً بالخلفيات البيضاء والرمادية فى هذه الأشكال .

هناك بالطبع بعض الجوانب التى لا يقترب منها هذا النموذج ، ولكن فى اعتقادى إذا أخذنا فى الاعتبار النماذج المختلفة للمواد الحقيقية سوف نجد أن العشوائية تكون قريبة جداً من مثل هذا النموذج البسيط .

إنسياب الموائع

Fluid Flow

كثيرة هى الظواهر فى الطبيعة التى تحوى انسياب الموائع . فى شكل (٧٢) نرى العديد من الصور الفعلية لأنماط مختلفة من انسياب الموائع بشكل حر أو حول أجسام صلبة مختلفة وعند سرعات مختلفة لانسياب السائل. عندما ينساب السائل بسرعات منخفضة فإنه ينساب بشكل منتظم يسمى «بالانسياب الصحفى» وعندما تزداد السرعة يتحول الإنسياب إلى «الانسياب الدوامى» حيث تظهر دوامات بأشكال مختلفة لهذه الدوامات حسب نوع السائل وكذلك شكل الجسم الذى يعوق إنسيابه.



شكل(٦٢)

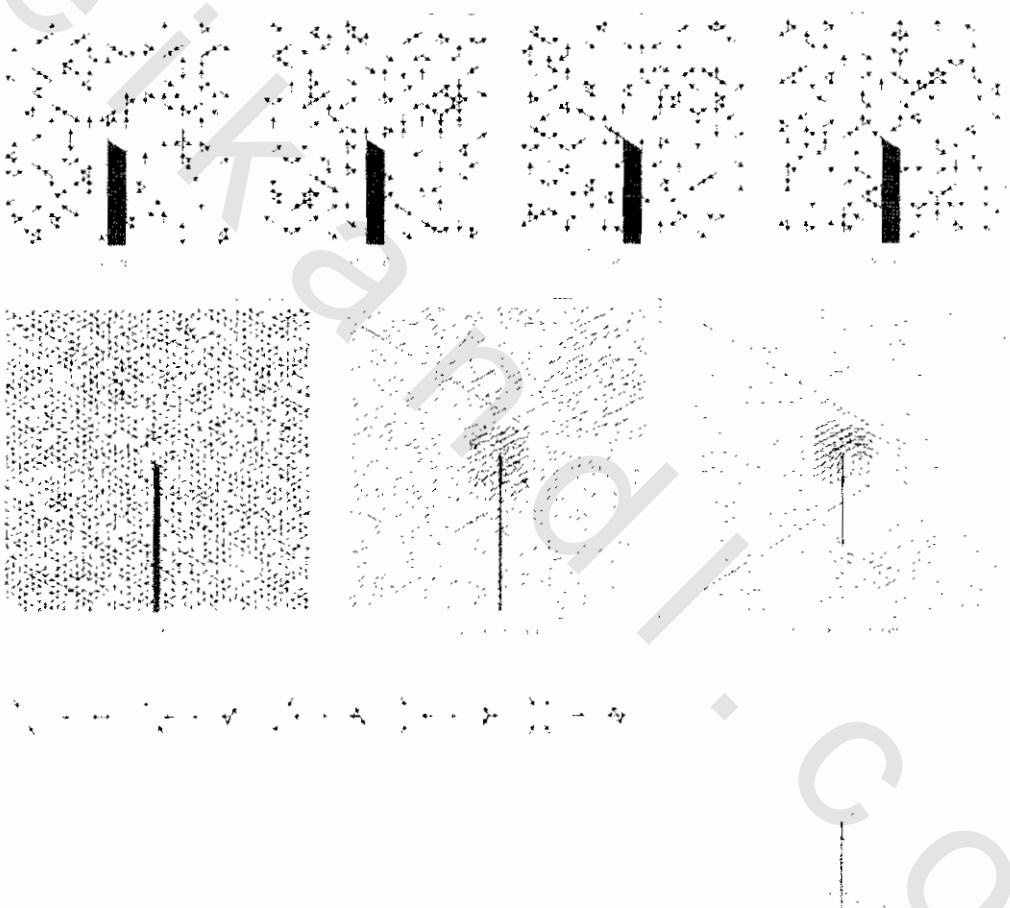
أنماط مختلفة لانسياب السوائل انسيابا حرا وحول أجسام بأشكال مختلفة ، وعند سرعات متباينة مع ظهور الدوامات العشوائية

لم يتوصل العلم التقليدى لتفسير ظاهرة الدوامات فى السوائل عند انسيابها بسرعات عالية كالمبينة فى الشكل السابق .

هل يمكن للبرامج البسيطة أن تعطى تفسيراً لحدوث الدوامات فى السوائل ؟

من ناحية المبدأ تتكون السوائل من جزيئات تتحرك وتتصادم ويمكن تمثيل ذلك بخلايا الأوتوماتون الخلوى الذى تتحرك فيه الخلايا حسب قواعد معينة مثل تلك التى رأيناها فى السابق .

فى شكل (٦٣) نرى أنماطا من الأشكال قريبة الشبه من الأشكال التى يصنعها السائل عند انسيابه بسرعات مختلفة .



شكل (٦٣) : أوتوماتون خلوى يحاكى السلوك الميكروسكوبى لجزيئات المائع عند كل خطوة ، يتم تحديث الشكل بناء على قاعدة أن الجزيئات تنعكس عندما تصطدم بالحائط تنساب الجسيمات إلى اليسار بسرعة تبلغ ٠,٣ من السرعة القصوى الممكنة .

obeikandi.com

يحدث كل هذا طبقا لما يحدث فى السائل الحقيقى تماماً وكما ورد فى الباب الثانى. رغم أن النظام يحوى بالطبع جسيمات انفصالية على المستوى الميكروسكوبى، فإن سلوكها المتوسط وعلى المستوى الماكروسكوبى استمرارى وتدرجى ، كل الفروق بين السوائل المختلفة أو الغازات تمحوها تقريباً العشوائية المتوسطة الموجودة بالنظام .

لقد رأينا أمثلة عديدة فى هذا الكتاب حيث يتشابه سلوك منظومات مختلفة رغم الفروق الميكروسكوبية بينها وتفاصيل التفاعلات بين أجزائها . كما نرى فى شكل (٦٤) يحاكى الأوتوماتون الخلوى حركة سائل حقيقى وتكون دوامات حول الشريحة بشكل مذهل .

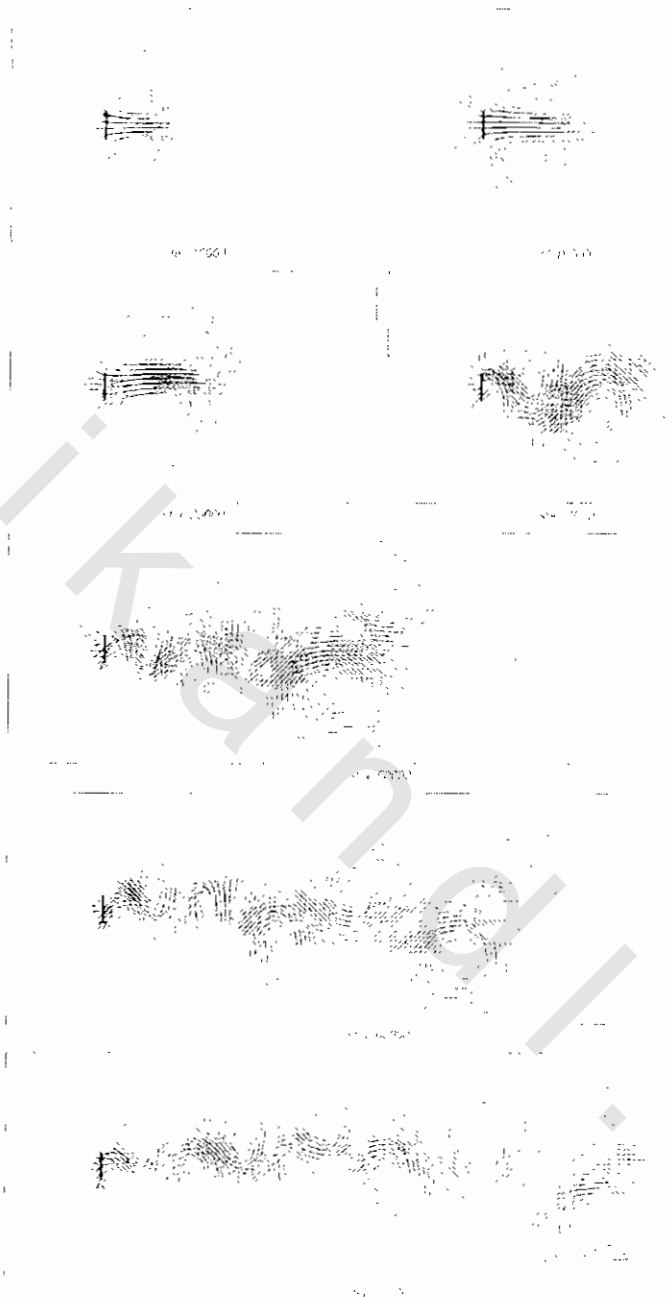
ولكن من أين تأتى هذه العشوائية ؟

لمدة حوالى عشرين سنة كان من السائد الاعتقاد بأن هذه العشوائية مصدرها الحساسية العالية للشروط الابتدائية وظاهرة الشواش التى تمت مناقشتها فى الباب الرابع(*). ورغم وجود معادلات رياضية عديدة لوصف حركة السائل إلا أنها لا تقترب على الإطلاق من وصف الحركة الحقيقية للسائل .

كما نرى من شكل (٦٥) نرى أن السبب فى العشوائية ليس بالتأكيد الحساسية العالية للظروف الابتدائية . إن ظهور دوامة فى مكان ما يواجه أيضاً بمقدرة السائل على إخماد مثل هذه الدوامات فيتلاشى .

(*) «نوع جديد من العلم» المكتبة الأكاديمية ٢٠٠٣ .

obeikandl.com



شكل(٦٤)

يبين الشكل منظومة أكبر من تلك التى وردت فى شكل ٦٥ فى هذه المنظومة ٣٠ مليون خلية . تمثل الأسهم السرعات المتوسطة لقوالب ٢٠ × ٢٠ خلية . تدخل الجسيمات من اليسار بمعدل يحفظ السرعة المتوسطة قرب ٠,٤ من السرعة القصوى الممكنة . لإيضاح الصورة بشكل أفضل نبين أن السائل ساكن وأما الشريحة فتتحرك . تبلغ قيمة عدد رينولدز حوالى ١٠٠ . إن التشابه بين الشكل المبين والانسياب الحقيقى للمائع تشابه مدهش جداً .

obeikandl.com

من الواضح أنه لا يمكن أن نعزى العشوائية الموجودة على المستوى الماكروسكوبى إلى العشوائية الموجودة على المستوى الميكروسكوبى فى حركة الجسيمات.

إنى أتوقع أن تُطور برامج بسيطة لتشمل أنماطاً أعقد من انسياب الموائع فى القريب .

قضايا أساسية فى البيولوجيا

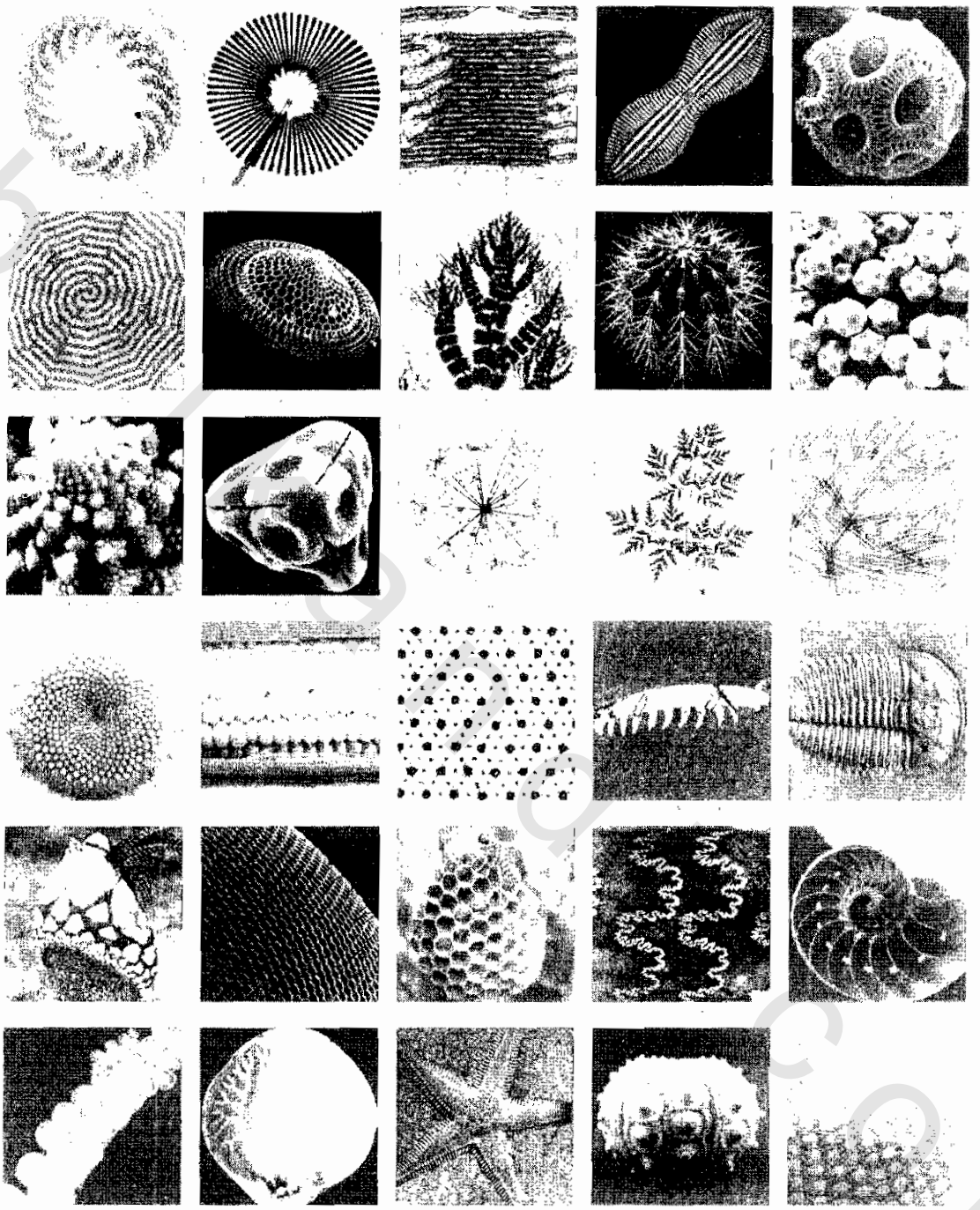
Fundamental Issues in Biology

من الطبيعى أن ننظر إلى النظم البيولوجية كنظم معقدة جداً ، على الأقل أكثر تعقيداً من النظم الحياتية الأخرى . رغم أن هذا التعقيد كما يعتقد الكثير ناتج عن عمليات التطور والانتخاب ، لكنه ليس من الواضح كيف تؤدى هذه العمليات إلى التعقد الموجود فى هذه النظم البيولوجية .

فى اعتقادى أن النظم البيولوجية لا تختلف عن غيرها من ناحية التعقيد ولكن هذا التعقيد ليس ناتجا عن خصوصية معينة فى هذه النظم وإنما هى معقدة كغيرها من النظم الأخرى . الفارق هنا أن النظم الفيزيائية تنبنى على قوانين فيزيائية أما النظم البيولوجية محكومة بجينات تتحكم فى سلوكها .

لقد كانت كل البرامج التى وردت بالكتاب بسيطة ، ولكن البرامج الوراثية طويلة ومعقدة تحوى ملايين القواعد – تجعلها بكل المقاييس معقدة مثل مثلا حزمة «الماثماتيكا» .

لكن بالنظر إلى مثل هذه الأشكال الواردة فى شكل (٦٥) يمكن القول بأنها يمكن أيضاً أن تنتج عن برامج بسيطة .



شكل(٦٥)

أمثلة على أشكال ذات انتظام عال لنظم بيولوجية مختلفة معظمها يشبه أشكالا هندسية منتظمة وبعضها يشبه الأشكال المتداخلة .
من المهم ملاحظة أنه لا يوجد علاقة بين تعقد الشكل والحقبة الجيولوجية التى ظهر فيها هذا الكائن البيولوجى

الآن نتسائل : ما الذى يحدث فى النظم البيولوجية ؟

إذا تمعنا فى الأشكال السابقة نجد أنه بناء على ما سبق ما يحدث فى النظم البيولوجية ينتج عن برامج بسيطة فعلاً . إذا سلمنا بأن البرنامج الجينى طويل ومعقد فإن يحوى العديد من البرامج التحتية (Subprogram) بسيطة بالتأكيد . من المعروف أيضاً أن التعقد فى النظم البيولوجية موجود فى أجزاء محدودة فقط من الأعضاء . فمثلاً الأشكال الموجودة على الجلد الخارجى يشارك بها عدد محدود جداً من الخلايا. إن الغالبية العظمى من البنيات المورفولوجية المعقدة يشارك بها عدد محدود من الخلايا أو أنواع الخلايا أو العناصر المختلفة . على مدى قرن استقر الاعتقاد بأن هذه البرامج تختص بزيادة التأقلم مع الوسط المحيط إلى أقصى حد ممكن لينعكس ذلك على الأجيال التالية التى تظهر للحياة .

الجانب المهم فى ذلك أنه إذا كانت مجموعة من الكائنات يحكمها چين معين فإنه بعد عدة أجيال سوف يحمل عدد كبير منها هذا الچين أكثر من غيرها . وإذا افترضنا أن كل فرد فى هذه الذرية سوف تحدث به عدة تحولات عشوائية (random mutations) فيتوقع أن يحدث بحث عشوائى فى الكائن عن برامج لرفع اللياقة إلى أقصى حد .

وهنا السؤال المحورى: كيف سيحدث هذا البحث وكم نتوقع له أن يكون ناجحا ؟

إن رفع اللياقة إلى الحد الأقصى لهى مسألة تحقيق القيود التى ناقشناها فى الباب الأول . وكما رأينا فإن القيود البسيطة خاصة الاستمرارية منها يمكن ببحث تكرارى بسيط أن يؤول وبسرعة إلى الحل المطلوب . أما إذا كانت القيود غير بسيطة فإن التوصل إلى الحل يتطلب عدداً فلكياً من الخطوات للوصول إليه .

لكن النظم البيولوجية عندها عدة حيل لتتوصل بسرعة إلى مثل هذه الحلول. فمثلا التناسل الجنسى يسمح بخلط البرامج على مستوى كبير أكثر من التحولات العشوائية على المستوى الصغير الميكروسكوبى . فى نفس الوقت من الصعب تصور أن كل هذه النظم البيولوجية كلها بعيدة عن هذه الحلول التى تضمن لها البقاء واللياقة اللازمة لاستمرارية الحياة .

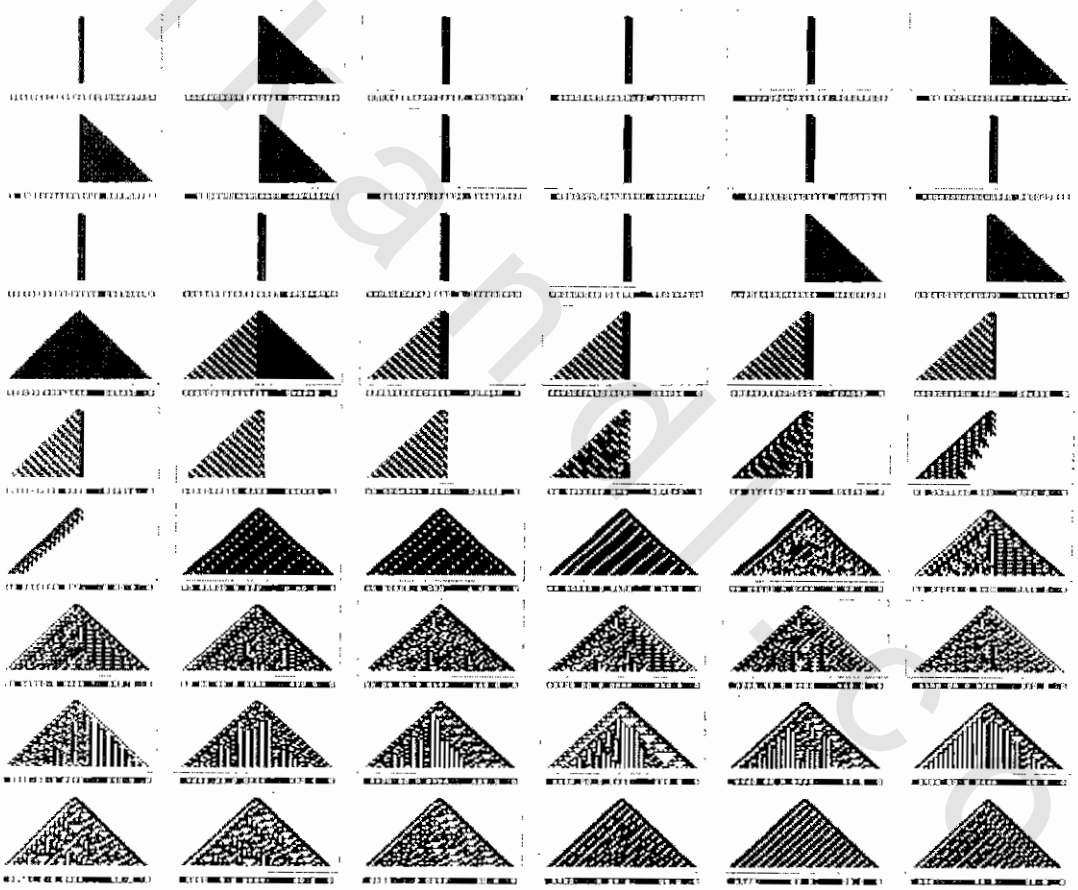
فمثلاً النسبة الذهبية الحلزونية على ساق نبات وسيلة رائعة لكى يكون ظل الأوراق أقل ما يمكن ، وكذلك ألوان وأشكال بعض القواقع تؤدى إلى تشوش نظم الرؤية لأعدائها .

لكننى أشك وبشدة فى صحة هذه الاستنتاجات . إن هذه الأمور ظهرت لمجرد أنه من السهل التوصل إليها عن طريق برامج بسيطة. ضمن هذه البرامج توجد برامج

تؤدى إلى تعقيدات غير متوقعة وهكذا تحدث التعقيدات التى نراها فى النظم البيولوجية .

إنى أرى كدليل جزئى على ما أقول أن هذه التعقيدات موجودة بكل الحفائر القديمة جداً . دليل جزئى آخر أنه عند النظر إلى أشكال الصبغات اللونية للقواقع نرى أنها قريبة جداً من تلك التى يتم الحصول عليها من بعض البرامج البسيطة العشوائية، خاصة أن هـذه البرامج حسب الدراسات البيولوجية هى برامج قصيرة أيضاً.

فى شكل (٦٦) نرى أنه عندما نبدأ ببرامج قصيرة نحصل على سلوك بسيط، ولكن حالما تصبح البرامج أطول بخطوات بسيطة يحدث تعقيد كبير جداً فى النظام ، دون إحداث تغير أساسى فى سلوك النظام .



شكل(٦٦)

يبين الشكل سلوك أوتوماتا خلوية ببرامج تحوى تحولات (mutations) عشوائية متتالية . لا يحوى البرنامج الأول قواعد لتغير لون الخلية مع أية خلايا مجاورة . التحولات فى البرامج التالية تضيف قواعد لتغيير ألوان الخلايا مع خلايا مجاورة معينة أو تطور هذه القواعد . يختلف البرنامج عن البرنامج الذى يسبقه بتحول واحد عشوائى . هكذا تمثل هذه المجموعة تطور النظم البيولوجية بدون انتخاب طبيعى واضح .

وهكذا يمكن أن ننتهى إلى أن النظم البيولوجية لابد وأن تكون قادرة على توليد تعقيد عشوائى باستخدام برامج قصيرة مكونة بعدد قليل من التحولات .

مما يدعم قولى هذا لننظر إلى الانتخاب الطبيعى وما هو الدور الذى يمكن أن يقوم به . مثلاً إذا كان الكائن ينمو خطيا ، عندئذ يمكن للانتخاب الطبيعى أن يختار الطول النهائى ليتوافق مع الوسط المحيط . أما إذا كان الكائن ينمو بشكل معقد فإن الانتخاب الطبيعى غير قادر على توجيه هذا النمو للأسباب التالية :

أولاً : حيث أنه عندما يكون السلوك معقداً فإن إمكانية حدوث تغيرات كبيرة يكون وارداً جداً ويصبح من غير الممكن استكشاف كل هذه التغيرات .

ثانياً : حينما يكون السلوك معقداً فإنه توجد تفاصيل كثيرة جداً يمكن أن يكون بعضها حاكما فى تطور الكائن وبالتالى يصعب جداً تصور أن الانتخاب الطبيعى سوف يكون قادراً على الاختيار الأفضل وبشكل متوافق وحاسم .

ثالثاً : عندما يكون السلوك شديد التعقيد فإن إمكانية حدوث تحولات عشوائية كبيرة وارد جداً وبالتالى يصعب تصور أن الانتخاب الطبيعى سوف يختار الأفضل والأحسن من هذه التغيرات .

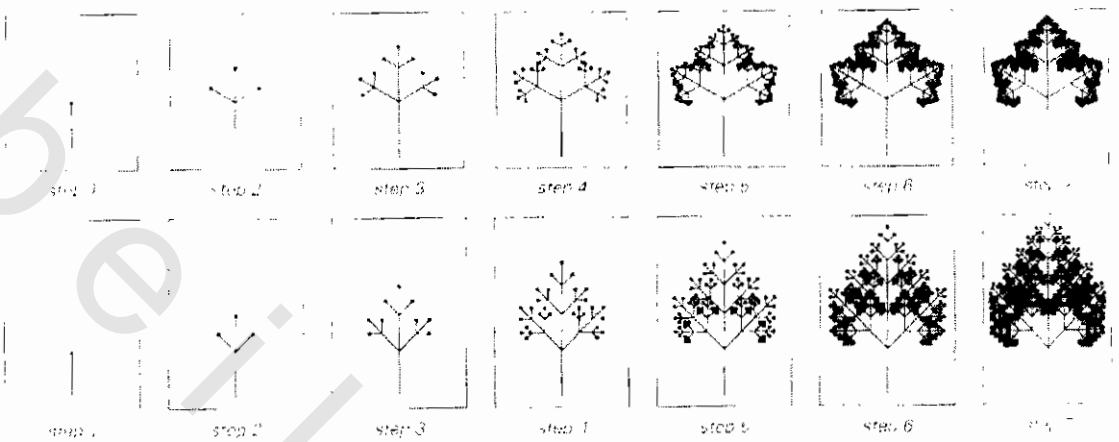
رابعاً : إذا كانت التحولات العشوائية تودى إلى زيادة أو نقصان فى الطول مثلاً ، فيمكن تصور أنه توجد آليات تعمل فى الاتجاهين ، ولكن إذا كان هناك اتجاهات كثيرة ، يصعب تصور نجاح الانتخاب الطبيعى فى اختيار الاتجاهات الصحيحة تماماً لكى لا يحدث تدهور فى حياة الكائن .

وأخيراً كما رأينا عندما يكون السلوك غير بسيط فإن عمليات البحث العشوائى التكرارى تتوقف عن العمل عند مرحلة ما ويستحيل عندئذ الوصول إلى الحلول المثالية أو حتى الاقتراب منها .

إن الاعتقاد السائد هو أن النظم البيولوجية أعقد كثيراً من النظم الهندسية ولكنى كما أرى فإن النظم البيولوجية بسيطة أيضاً مثلها مثل النظم الهندسية ، وبالتالى فإن الانتخاب الطبيعى يميل دائماً لجعل النظم البيولوجية بسيطة وليست معقدة كما يعتقد الجميع ، خاصة وأنها فى النهاية تشمل أعضاء وأجزاء يمكن اعتبار كل منها نظاما منفصلا إلى حد ما يقوم بوظيفة محددة .

باختصار إن ما أراه أن التطور الذى يحدث فى النظم البيولوجية هو ناتج عن برامج بسيطة وقصيرة ويأتى دور الانتخاب الطبيعى لاحقاً فى مدى تحمل الكائنات لما تتعرض له من ظروف بيئية وإذا حدثت أية طفرات يمكن أن تحدث طفرات معاكسة وهكذا .

لننظر فى البداية كيف ينمو النبات بدءاً بالساق والذى يزداد طولا ثم يبدأ فى التفرع . فى شكل (٦٧) نرى كيف تتفرع الأوتوماتا الخلوية خطوة بخطوة لتعطى فى النهاية أشكالاً قريبة من الشجرة .

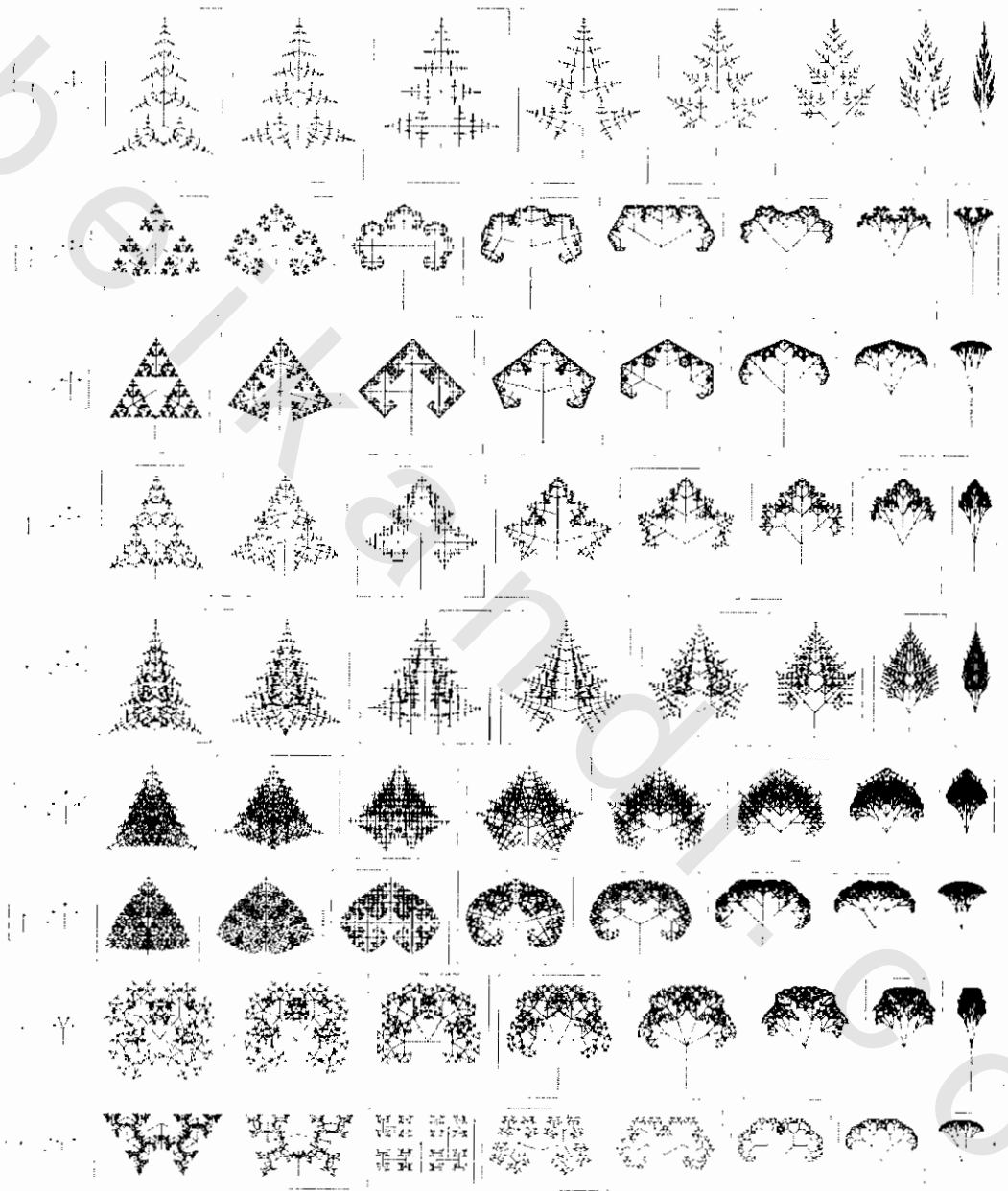


شكل(٦٧)

يبين الشكل خطوات التطور للنظم الاستبدالية (Substitution systems) والتى تعطى نماذج بسيطة لنمو النباتات . عند كل خطوة يستبدل نمو الساق بالتفرع إلى ثلاث سيقان جديدة أصغر حسب القواعد المبنية . يعرف هذا النمو فى علم الأحياء بالنظام «المونوبوديال» (monopodial) .

تُظهر الأشكال الواردة فى شكل (٦٨ أ) أن هذه القاعدة تعطى أشكالا عديدة مختلفة فى درجة التعقيد مع تغيير طول وزوايا التفرع .

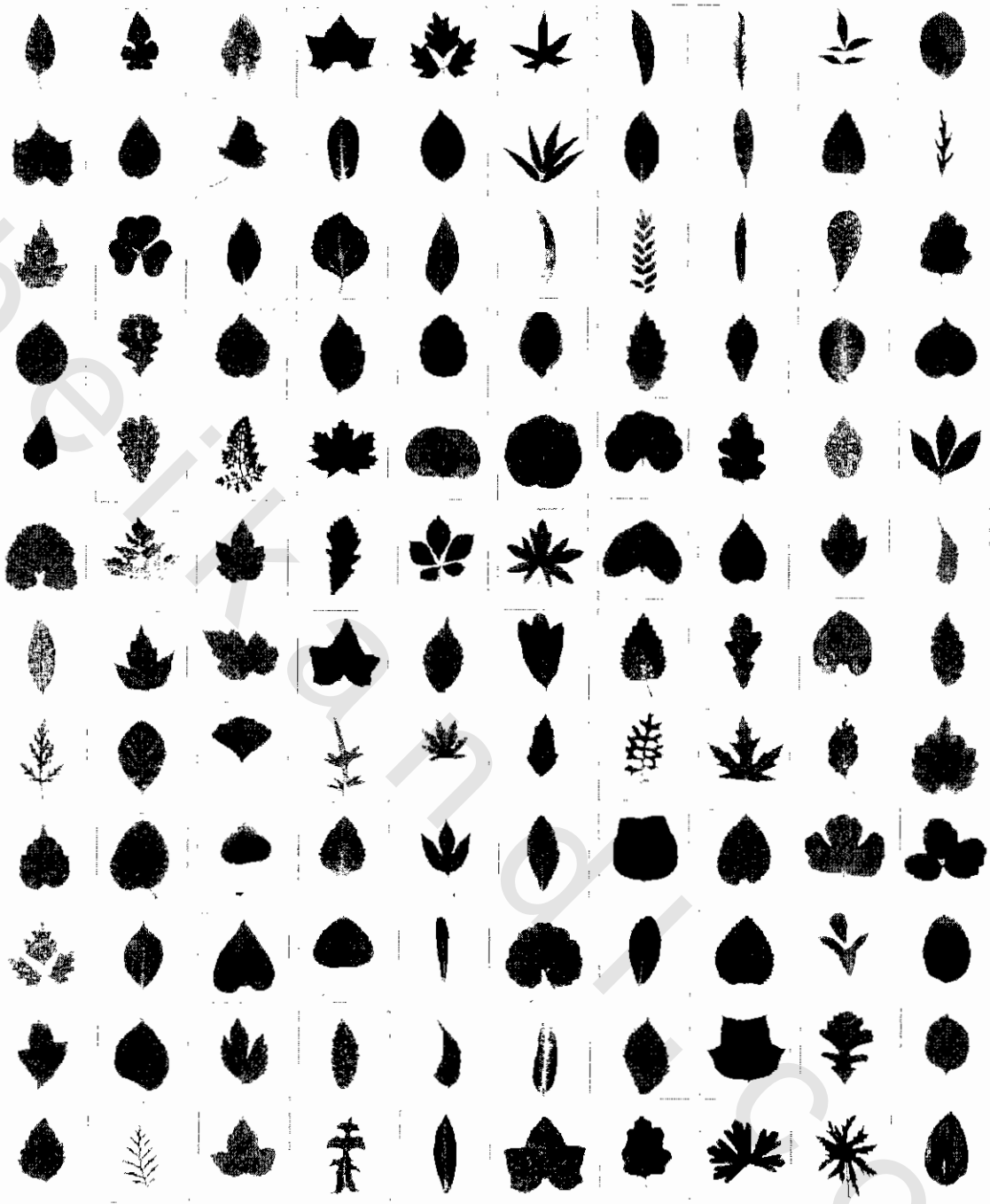
obeikandl.com



شكل (١٦٨)

تطور الأشكال حسب القاعدة المبينة فى شكل (٦٧) ، مع تحديد طول وزاوية التفرع

مع مقياس رسم مختلف لبعض الصور . التشابه بين الأشكال المبينة وأوراق الأشجار فى شكل (٦٨ ب) يبدو مدهشا تماما



شكل (٦٨ ب)

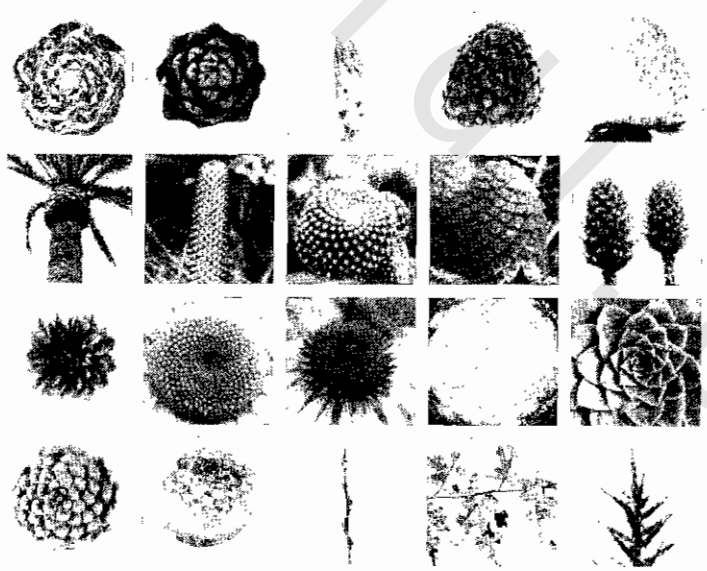
أمثلة على أنواع مختلفة من أوراق النباتات معظمها من النباتات الزهرية

إن التنوع الواضح وكذلك التشابه مع الأشكال المبينة فى شكل ٦٨ أ يبعث على الدهشة العامة

إن هذا التباين فى شكل الأوراق يقابله بعض الصفات التى تتكرر فى كل الأنواع مع اختلافاتها الشديدة . مثال ذلك هو ترتيب بعض الأعضاء أو الأجزاء فى الأشكال البيولوجية . لنأخذ مثلاً كيف تترتب الأوراق على الساق . فى بعض الحالات تأخذ اتجاهين متضادين أى زاوية قدرها ١٨٠° . ولكن فى معظم الأحيان تكون الزاوية ١٣٧,٥° وتتكرر هذه الزاوية فى العديد العديد من النباتات . لقد وجد أن هذه الزاوية هى الأفضل لكى تتكون أشكال حلزونية منتظمة . هذه الزاوية ١٣٧,٥° تكافئ دورانا بعدد من اللفات يساوى النسبة الذهبية $(1+\sqrt{5})/2 = 1.618$ والتى تظهر فى العديد من الكتابات الرياضية وتساوى النسبة الحدية لأعداد «فيوبيناتشى» (Fiobinacci) .

من البديهى الاعتقاد بأن هذه الزاوية بالذات تمثل أفضل اختيار مبنى على الانتخاب الطبيعى . ولكننى لا أومن بصحة هذا التفسير .

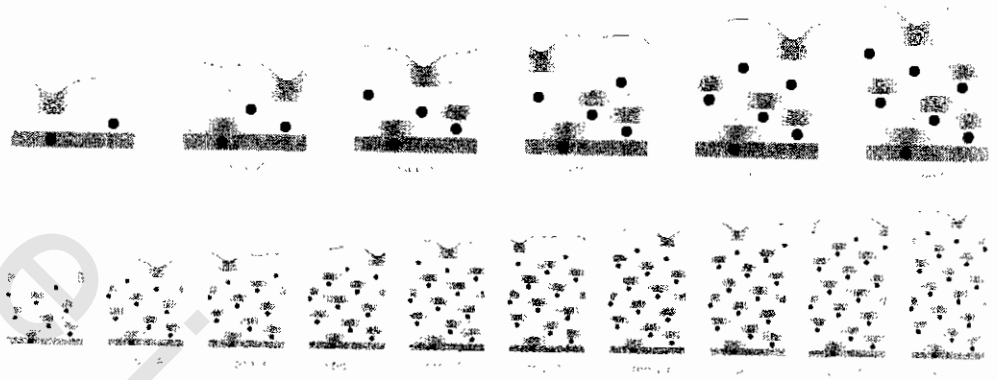
إنى أرى أن مواضع الأعضاء أو العناصر الأخرى تتحد بما يحدث عند طرف الساق النامى . ما أراه أن العضو الجديد سوف يتخذ موضعه حيث يصل تركيز بعض المواد الكيميائية إلى قيمة حرجة . حين يتكون هذا العنصر أو العضو فإنه يمتص هذه المواد الكيميائية بدرجة عالية بحيث لا تنمو أعضاء جديدة فى مواضع أخرى على قمة الساق .



شكل(٦٩)

أمثلة من الترتيبات الحلزونية فى نظم مختلفة من النباتات . رغم أن الأشكال النهائية لكن وجد أن الزاوية بين العناصر المختلفة هى ١٣,٧٥° . الصف الأول بين الكرنب الأحمر (وقد شقت إلى نصفين) ، الخرشوف والهليون (asparagus) والفراولة . الشكلان الأولان فى الصف الأخير مخروط الصنوبر (pinecone) وجوزة البلوط .

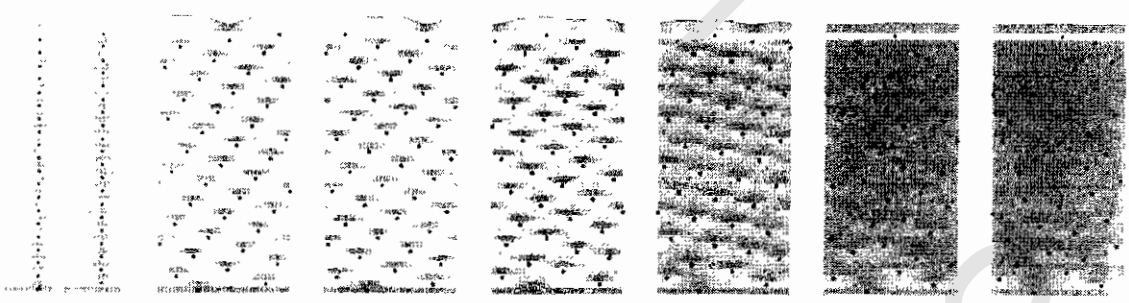
فى شكل (٧٠) نبين كيف تتم عملية تكون أوراق من طرف الساق .



شكل(٧٠)

نموذج مبسط يبين كيفية تكون أوراق أو عناصر أخرى على طرف ساق تمثل النقاط السوداء أماكن تكون الأوراق وتركيز الكيماويات باللون الرمادى. واضح أن المسافة بين النقاط فى السوداء تؤول وبسرعة إلى زاوية قدرها ١٣٧,٥°.

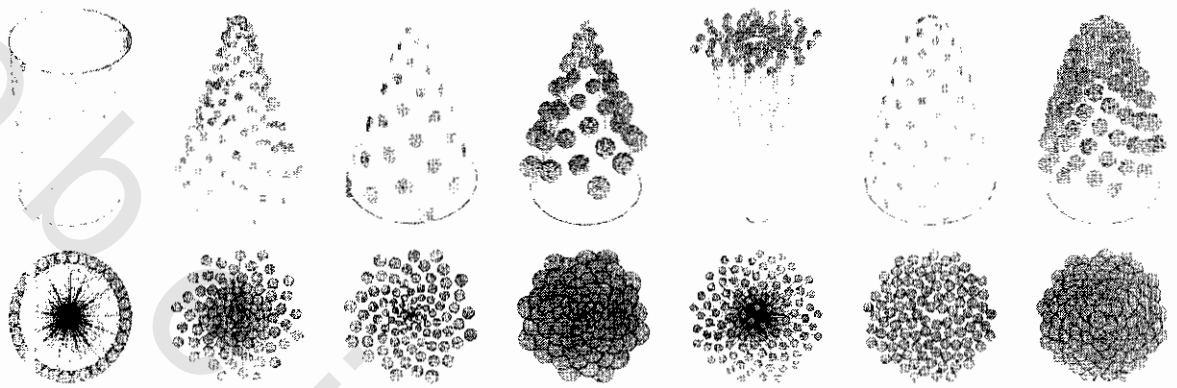
شكل (٧١) يبين نموذجا معدلا لكيفية تكون الأوراق أو العناصر الأخرى مع وجود إخماد بنسب مختلفة .



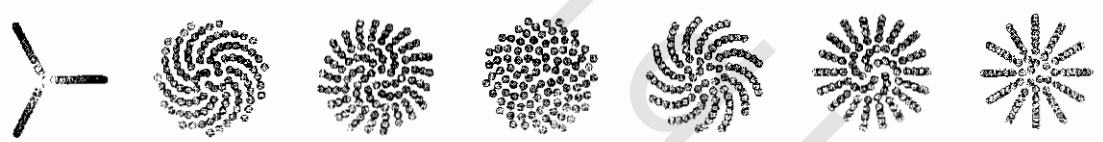
شكل(٧١)

أمثلة على تغير مقدار الإخماد فى النموذج المبين فى شكل ٧٠ . إخماد ١٠٠٪ يعنى زيادة التركيز كل خطوة بحيث لن يكون هناك «ذاكرة» للخطوة السابقة . إلغاء الإخماد تماماً يعنى عدم زيادة التركيز فى كل خطوة . بين هاتين الحالتين الطرفيتين ، نلاحظ أن المسافة بين النقاط السوداء تؤول وبسرعة نحو زاوية قدرها ١٣٧,٥° . ولكن هل تظهر هذه الزاوية فى النباتات الحقيقية ؟

شكل (٧٢ أ) يبين عدة أنواع من النباتات .

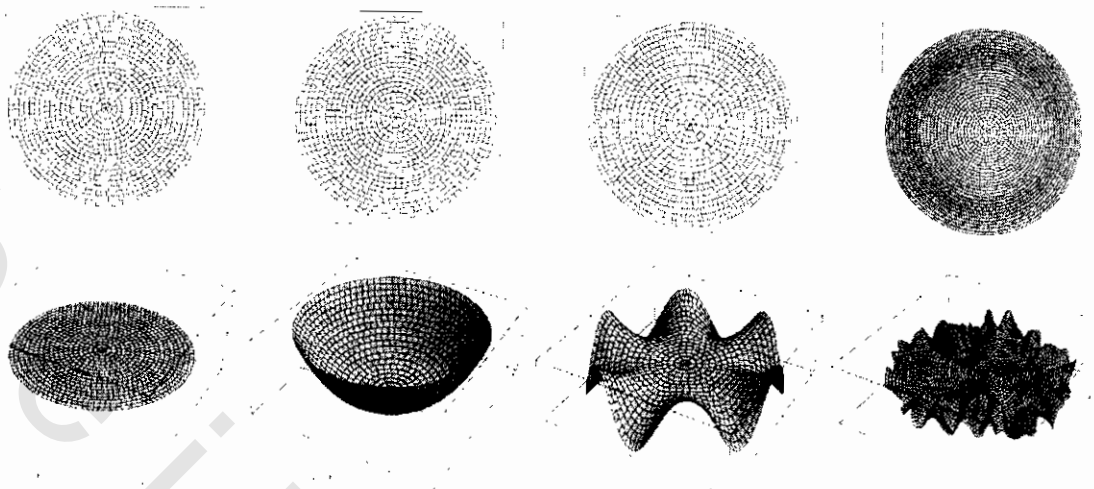


شكل (٧٢أ)
أمثلة على تكوينات هندسية مختلفة بإضافة عناصر عند الزاوية ١٣٧,٥°
نرى هذه التكوينات فى النباتات المبينة فى شكل ٦٩



شكل (٧٢ ب)
أشكال تتكون بإضافة عناصر جديدة بزاويا مختلفة فى كل حالة يظهر العنصر النونى (n^{th}) عند إحداثيات $\sqrt{n}$ [cos[nθ], sin [nθ]] . نرى شرائط عندما تكون θ/ ∏ حيث تقاس بالراديان ويمكن وضع قيمتها التقريبية بعدد كسرى . (اتساع المنطقة قبل الشرائط يدو أنها تعتمد على
Length [Continued Fraction [θ/∏]]

عندما تُكون النباتات شـــرائح مـن المادة تكون هناك مرونة للنمو عبر تلك الشريحة . فى شكل ٧٣ نرى ما يحدث عندما تضاف مادة فى أماكن مختلفة من النبات .



شكل(٧٣)

يبين الشكل ما يحدث عندما تضاف مادة على مسافات مختلفة من مركز القرص . فى الصف العلوى يظل القرص مستويا . فى الصف السفلى نرى كيف يتحور شكل القرص عندما تضاف مادة أكثر عند الأطراف الحالة (ب) للتغير الخطى ، وعندما يكون التغير أسيًا يتموج القرص كما فى الحالتين جـ و د .

ولكن ماذا عن الحيوانات ؟

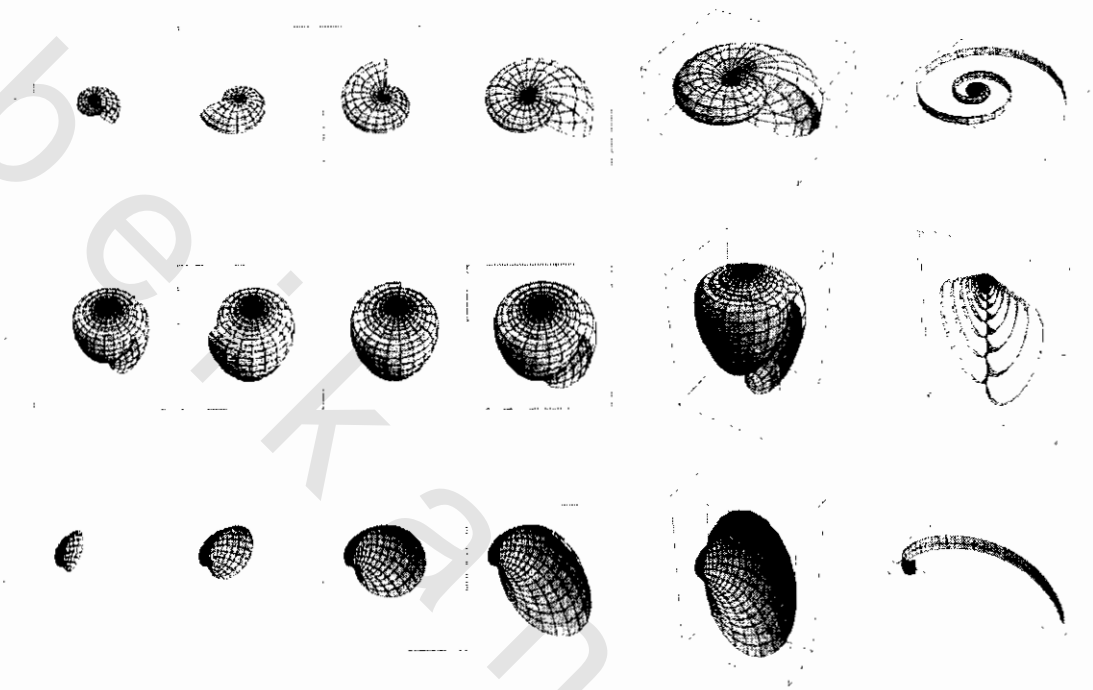
فى شكل (٧٤) نرى كيف تتكون القرون بأشكال مختلفة حسب إضافة مادة جديدة ومعدل إضافتها .

شكل(٧٤)

يبين الشكل كيفية تكون قرون ملتوية

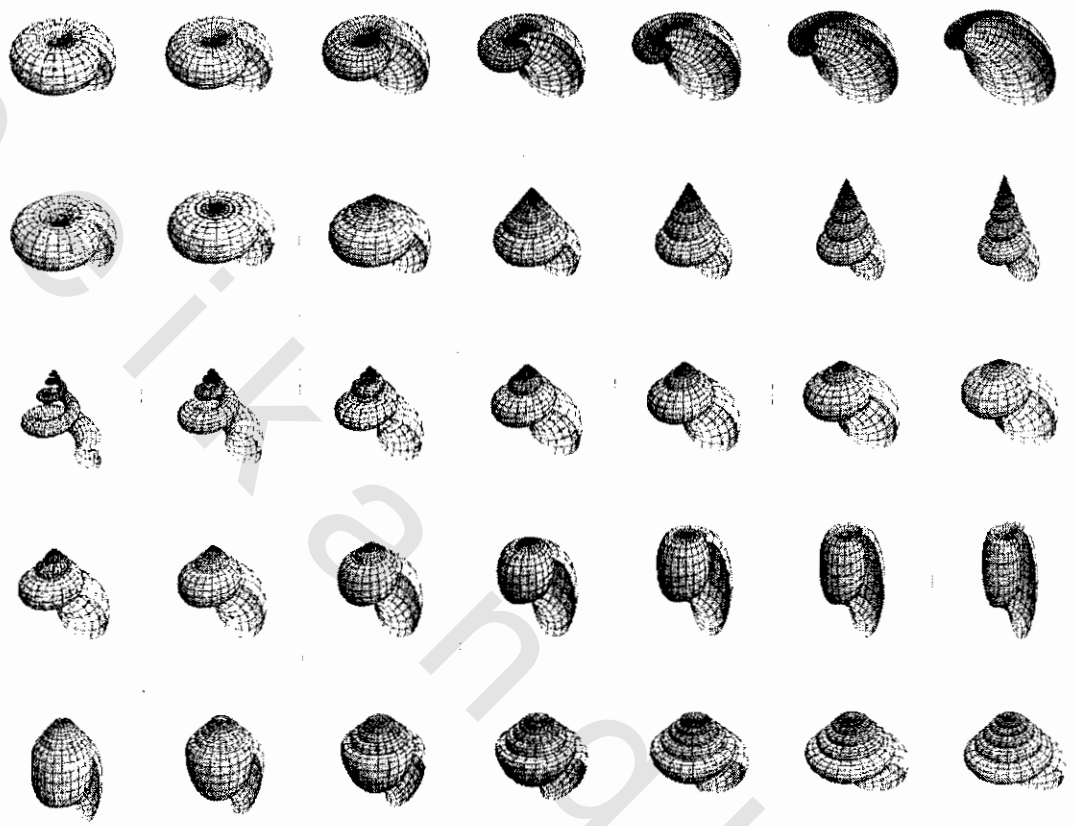
اعتمادا على معدل الفارق بين نمو السطحين العلوى والسفلى

والآن بالنسبة للقـواقع وكيف تتكـــون أشكالها الحلزونية يمكن رؤيتها فى شكل (٧٥) .



شكل(٧٥)
الصف الأول يبين القواقع النوتية ، الصف الثانى يبين القواقع الخروطية
الصف الثالث يبين مقطع نصفى فى قواقع البطلنيوس

obeikandl.com

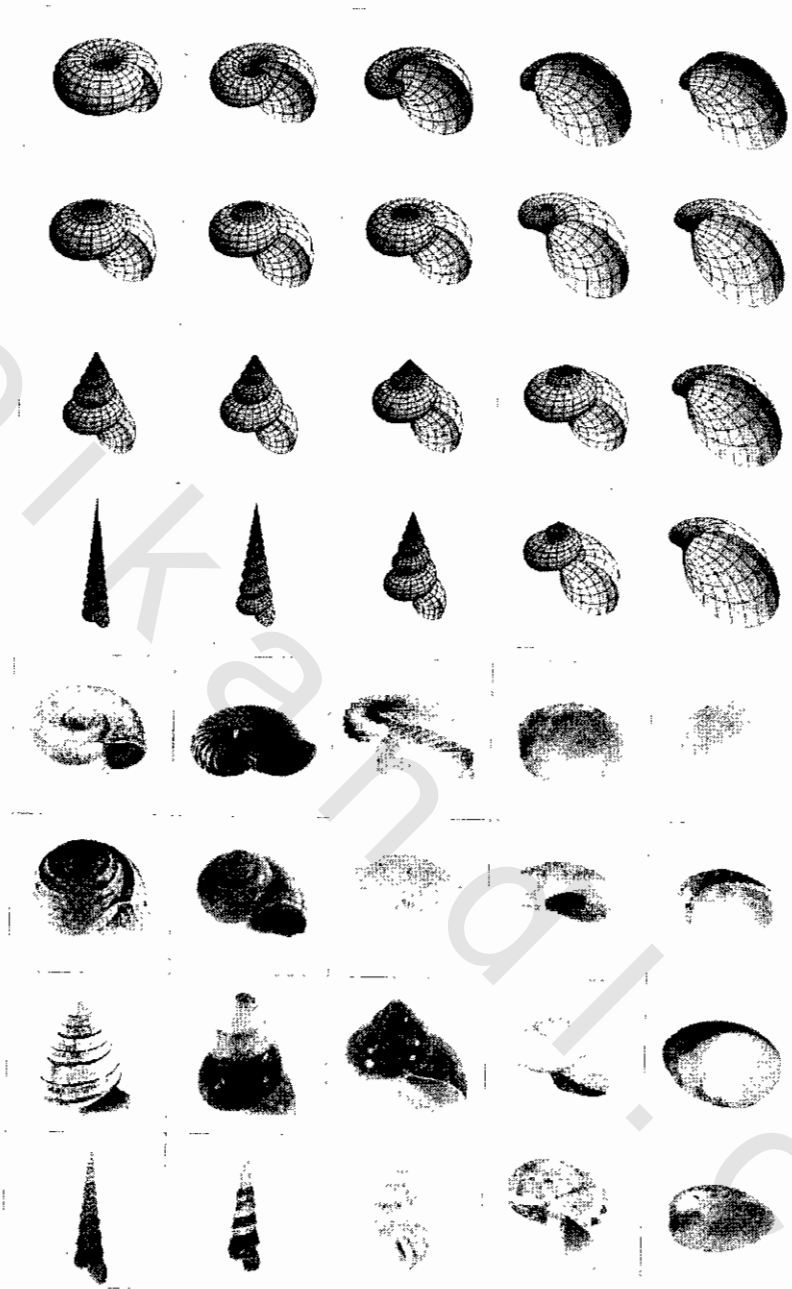


شكل(٧٦)

يبين الشكل كيف يعتمد شكل القواقع على بعض العوامل أثناء نموه

أ – يزيد حجم القوقع مع كل لفة .
ب – الكمية النسبية التى تزاح بها الفوهة مع كل لفة .
جـ – حجم الفتحة بالنسبة لحجم القوقع الكلى .
د – استطالة الفتحة .
هـ – اتجاه الاستطالة فى الفتحة .

فى شكل (٧٧) نرى مقارنة بين نماذج بسيطة وقواقع حقيقية .



شكل(٧٧)

أشكال قواقع تم رسمها بواسطة برامج بسيطة مع تغيير عاملين فقط من تلك المذكورة فى شكل ٧٦ .

الأشكال السفلى هو صور لقواقع حقيقية .

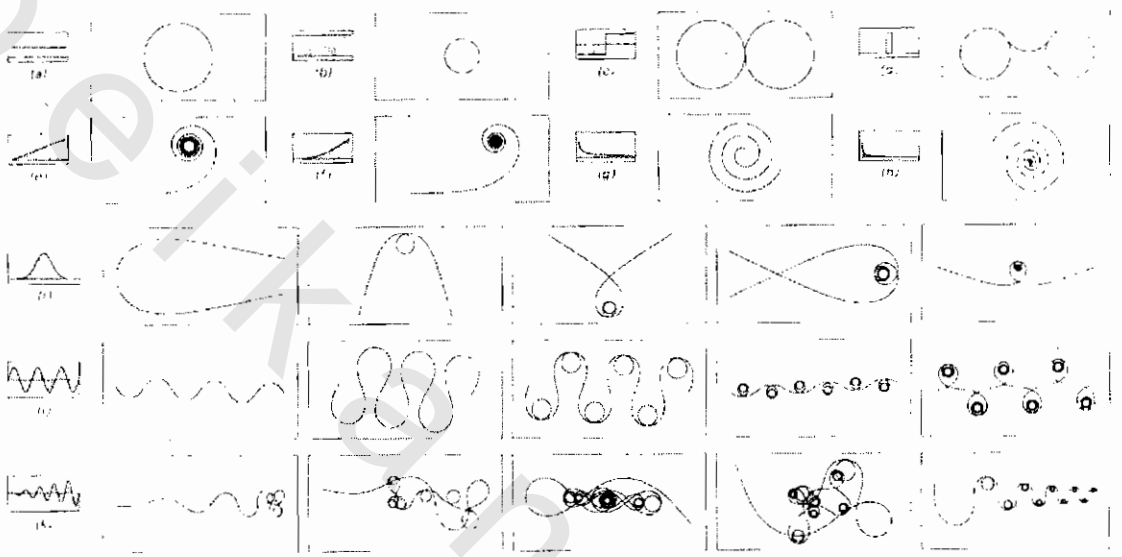
تختلف الحيوانات بتعدد الأجزاء المكونة لها . تتكون هذه الأجزاء

حسب البرنامج الوراثى فى أجزاء مختلفة وحسب توقيت زمنى محدد فى البرنامج .

obeikandl.com

هناك آلية جديدة فى الحيوانات وهى «الطى» (Folding) . يحدث الطى نظراً لشد الألياف الميكروسكوبية فى بعض الأحيان . فى حالات أخرى يحدث الطى نتيجة اختلاف معدلات النمو فى أماكن مختلفة فيما يشبه الأشكال الواردة فى شكل ٧٣.

فى شكل ٧٨ نورد بعض الأشكال الناتجة عن الطى نرى بعضها بسيط والآخر شديد التعقيد .



شكل(٧٨)
الأشكال الناتجة عن تغيير الانحناء حسب قواعد محددة

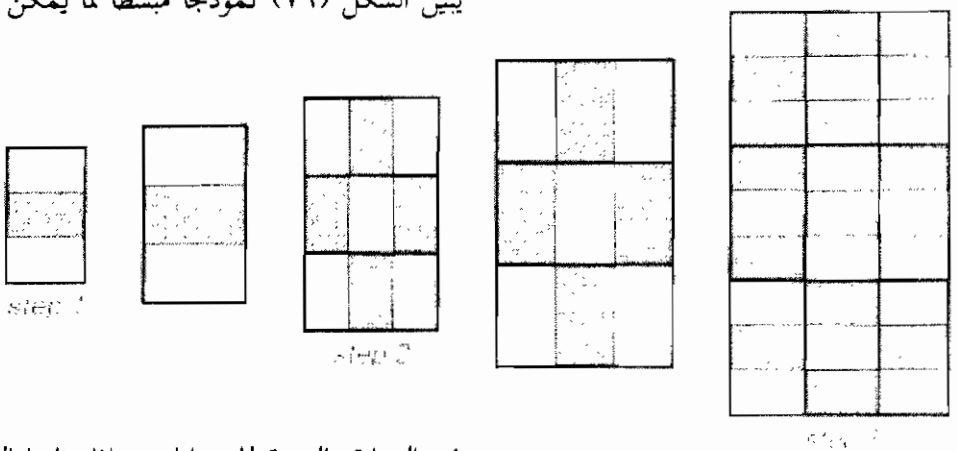
بالطبع هناك آليات أخرى تشارك فى تشكيل الأجزاء المختلفة والأعضاء الأخرى خاصة وأن هذه الأعضاء تظل مدة طويلة رخوة حتى يكتمل نموها تدريجيا . يمكن أن نذكر من هذه العمليات مثلا تفسخ الأنسجة عندما تفقد خاصية الالتصاق بين الخلايا . آلية أخرى تتمثل فى انتقال (migration) بعض الخلايا نتيجة الخصائص المناعية أو الكيميائية .

ولكن فى النهاية كيف تترتب كل هذه العمليات لتنتج حيوانا فعليا ؟

يتم ذلك حسب البرنامج الجينى بحيث تبدأ فى أماكن مختلفة فى أوقات مختلفة عمليات النمو . يحدث هذا بالتأكيد فى الحيوانات البسيطة التى تتكون من قليل من مئات الخلايا . فى الحيوانات الأرقى حالما يتكون جزء عضو لعدة أعشار المليمتر . ينقسم هذا العضو إلى عدة مناطق يستخدم كل منها جزءاً من البرنامج الجينى ليكمل نموه . عندما يكون الجنين صغيراً جداً تتكون مناطق الرجل دون وجود لمناطق القدم . بعد ذلك تتكون مناطق القدم .. وهكذا .

obeikandl.com

يبين الشكل (٧٩) نموذجا مبسطا لما يمكن أن يحدث أثناء عملية النمو.



شكل(٧٩)
يبين الشكل رسما تخطيطيا لكيفية النمو والانقسام أثناء نمو الحيوان يتم النمو والانقسام فى بعدين فقط

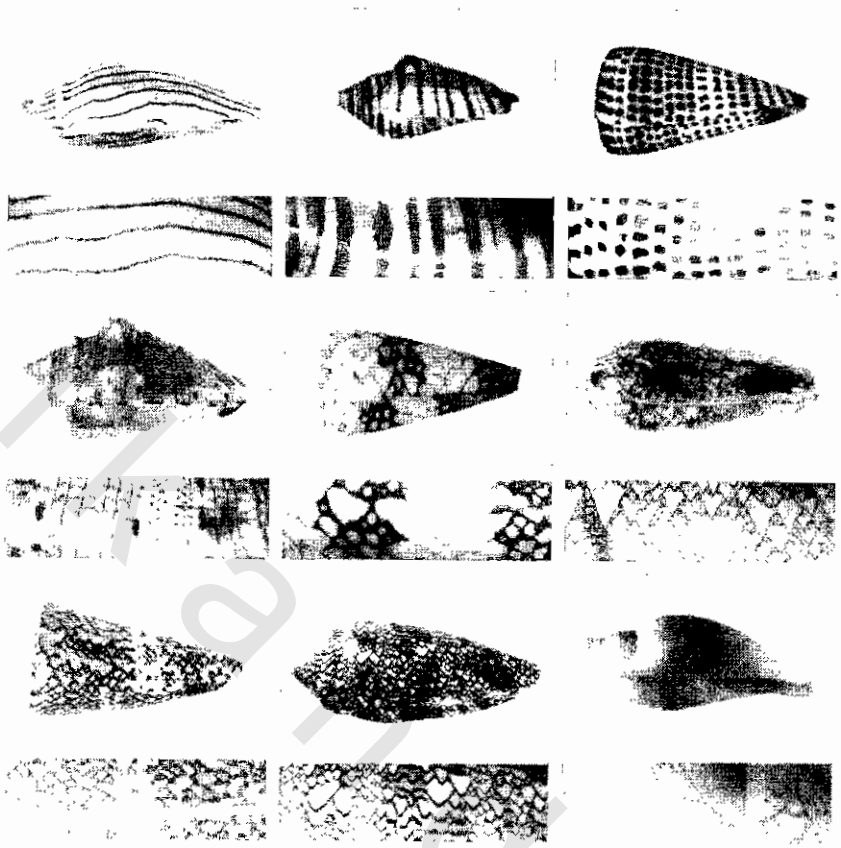
فى النهاية بالنسبة للحيوانات ، إذا نظرنا إلى الاختلافات الشديدة بين أفراد المجموعة أو حتى بين المجموعة المختلفة نجد أنه بسهولة يمكن أن تعزى هذه الاختلافات إلى فروق بسيطة جداً فى معدلات النمو فى أجزاء مختلفة من الأعضاء ، تفضى فى النهاية لأن يسير الحيوان على أربع أرجل أو على قدمين وهكذا ، مثلها مثل أوراق الشجر والقواقع وغيرها .

نماذج الصبغات البيولوجية
Patteerns of Biloyical Pigments

بهذا يصعب القول أن الانتخاب الطبيعى هو المسئول الوحيد عن كل هذا التنوع إنما كما نرى هو الاختيار العشوائى بين معدلات النمو المختلفة الممكنة .

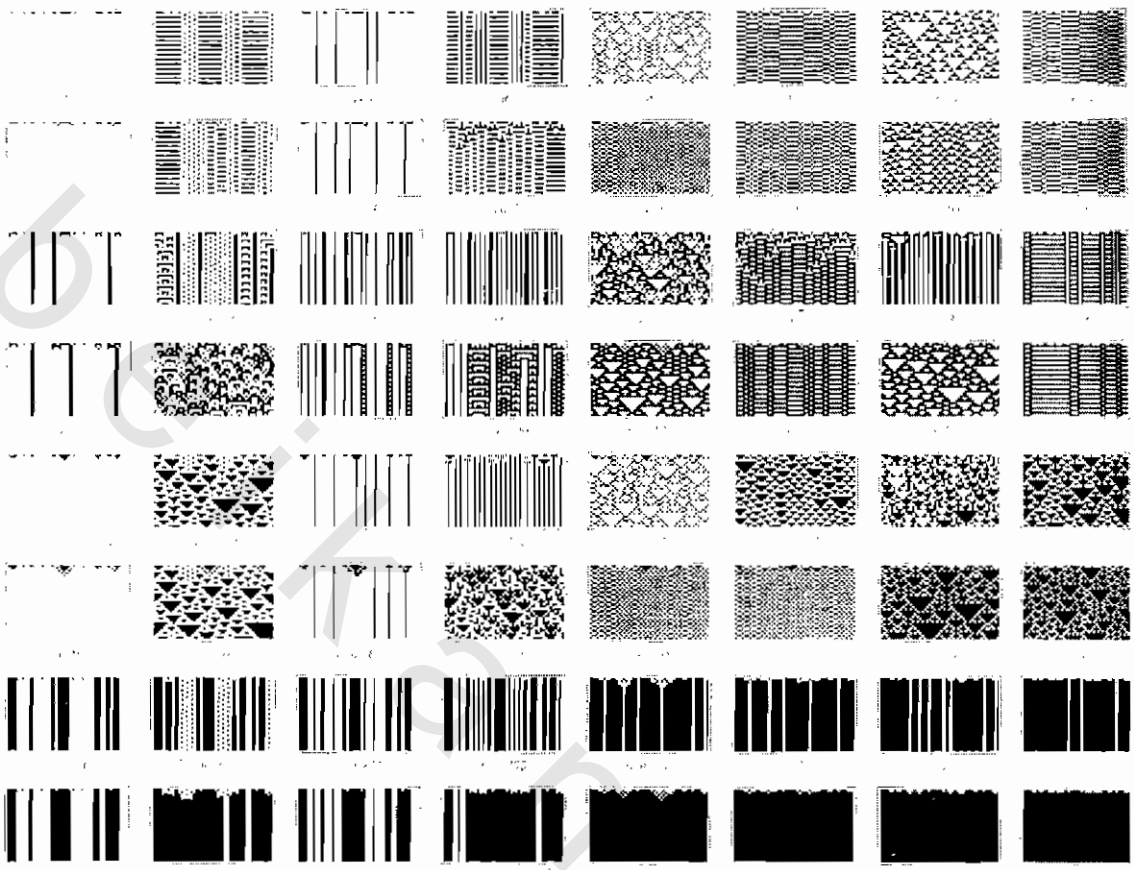
إذا نظرنا إلى الصبغات البيولوجية التى تعطى النظم البيولوجية كل هذا التنوع فى الألوان نجد أنها تحوى تنوعا واختلافا شديد التعقيد . السائد الآن هو أن هذا التنوع والاختلاف ناتج عن اختيار الشكل الأمثل نتيجة الانتخاب الطبيعى .

ولكن إذا تمعنا فيما أوردناه من أمثلة نجد أن هذا التنوع الشديد يمكن وبسهولة الحصول عليه من برامج بسيطة جداً ثم اختيارها بطريقة عشوائية . فى شكل (٨٠) نرى صورا لبعض هذه الصبغات التى تتلون بها القواقع .



شكل(٨٠)
أمثلة على الصبغات التى تتلون بها القواقع والأشكال
التى تظهر على أجسام هذه القواقع

فـى شكل (٨١) نورد الأشكال التى تنتج بواسطة الأوتوماتا الخلوية فى بعد واحد .

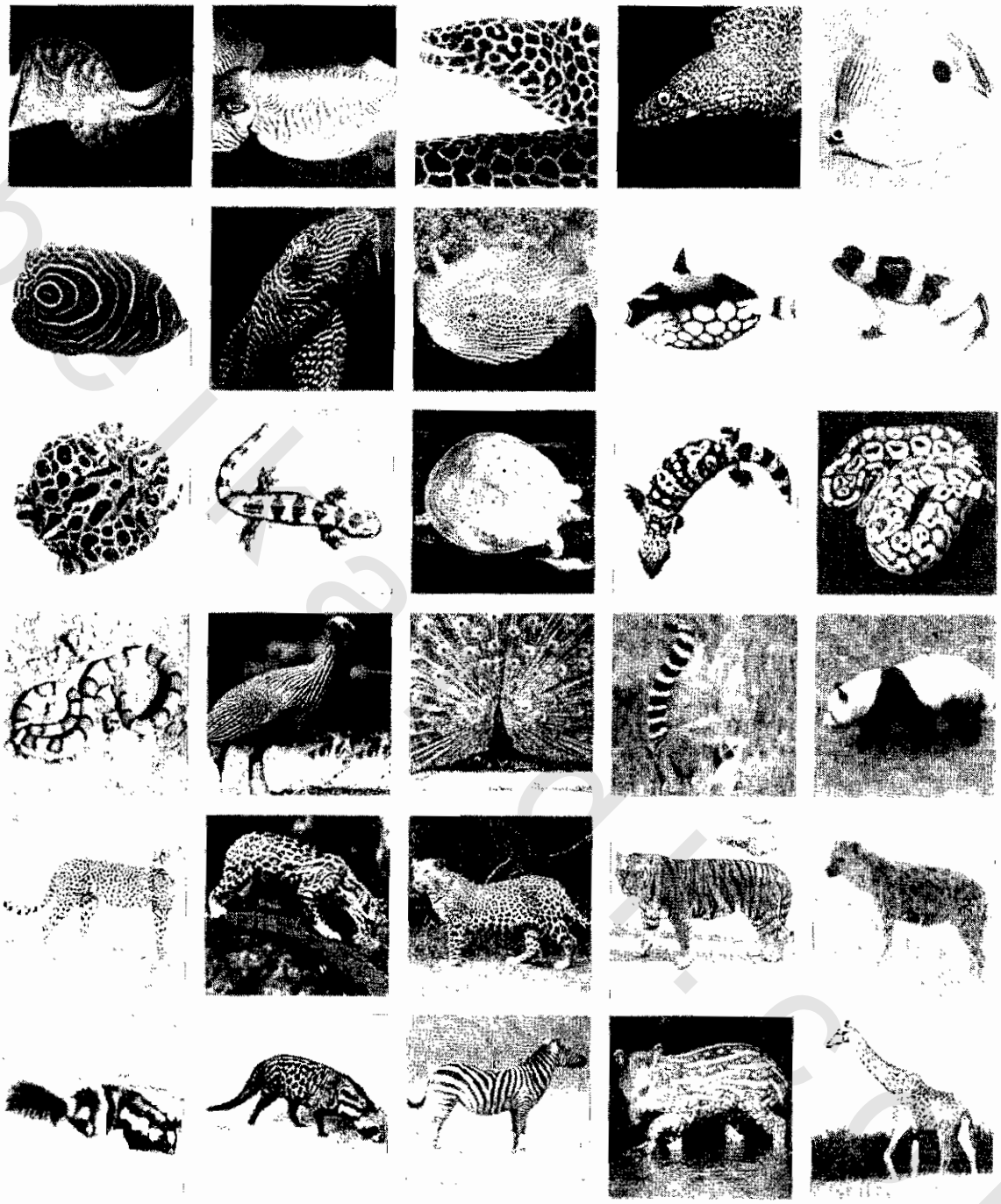


شكل(٨١)

يبين الشكل الرسوم التى تنتج عن أوتوماتا خلوية فى بعد واحد تبدأ من شروط ابتدائية عشوائية . التشابه بين هذه الرسوم وتلك الصور الواردة فى شكل ٨٠ للقواقع يبدو مدهشا إلى حد كبير

هذا بالنسبة للقواقع والتى تعتبر كائنات بسيطة تنمو ألوانها فى بعد واحد أما بالنسبة للكائنات الأعلى فتنمو ألوانها فى اتجاهين حيث تقفز الخلايا المسئولة عن التلون فى الجنين إلى السطح وتتجمع الخلايا المسئولة عن كل لون فى مجموعات وتتشكل بنظام محدد ، وحيث أن نمو الأجزاء المختلفة من جسم الحيوان تنمو بمعدلات نمو مختلفة تختلف الأشكال على الجلد حسب حجم العضو .

فى شكل (٨٢) نورد صورا لحيوانات مختلفة تتلون جلودها بأشكال مختلفة وتختلف أيضاً من جزء من جسم الحيوان إلى أى جزء آخر . ومرة أخرى نرى أنه رغم الاختلافات والتعقد الشديد الذى يبدو للعين عند فحص هذه الصور ، نجد أن معظمها متكرر ويمكن الحصول عليه بواسطة قواعد بسيطة قليلة العدد .

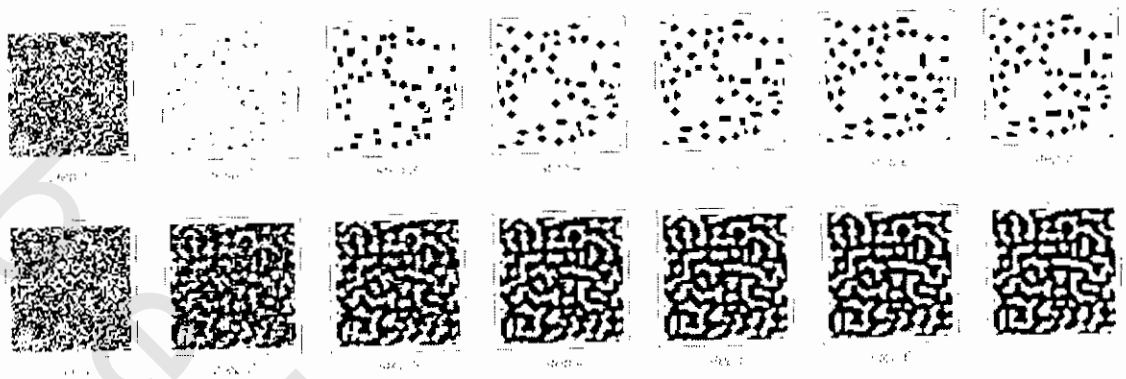


شكل(٨٢)

نماذج من الأشكال التى يتلون بها جلد العديد من الحيوانات الواردة فى الصور

نلاحظ وجود تشابه بين الأشكال المختلفة التى يتلون بها العديد من الحيوانات

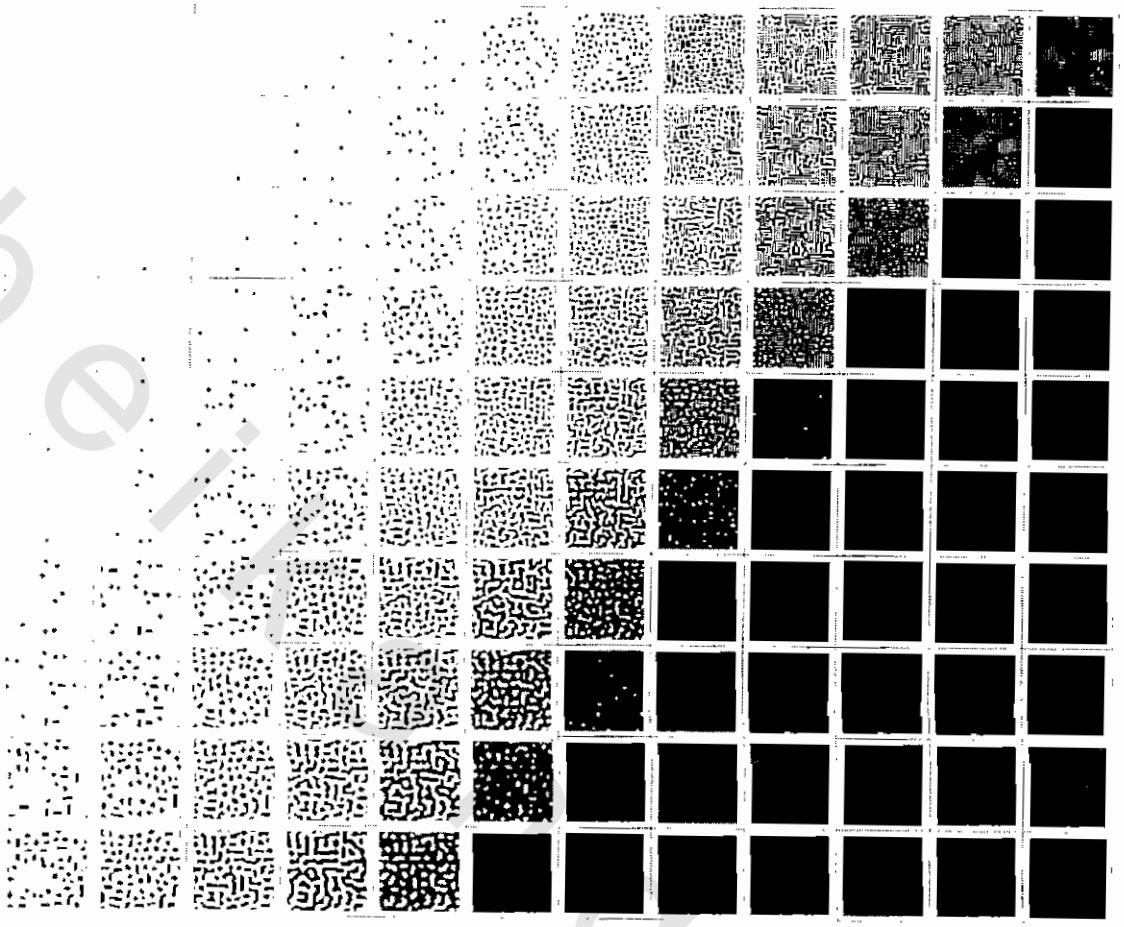
فى شكل (٨٣) نورد أشكالا يتم رسمها بواسطة أوتوماتون خلوى فى بعدين بقواعد بسيطة .



شكل(٨٣)

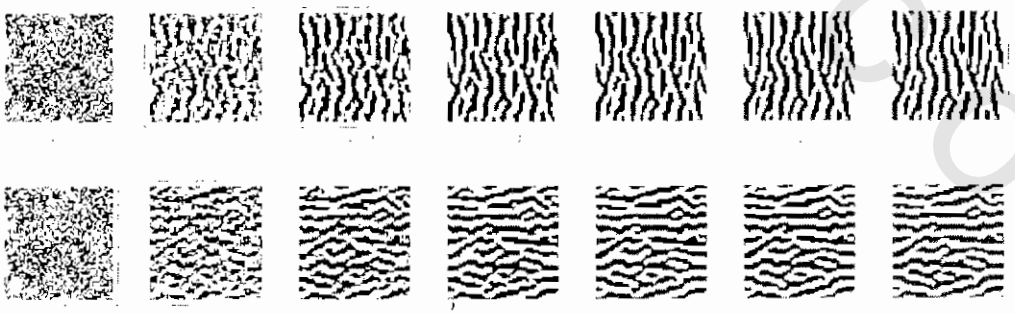
يبين الشكل تطور أوتوماتون خلوى فى بعدين حيث يكون لون كل خلية معتمدا على المجموع النسبى للألوان المتوسطة لثلاث خلايا سابقة . تدخل كل خلية بوزن يساوى الوحدة . الخلايا على بعد ٢ أو ٣ مسافات تدخل بأوزان سلبية . -٤, ٠ فى القاعدة الأولى ، -٢, ٠ للثانية . تكون الخلية سوداء إذا كان المجموع موجبا وتكون بيضاء لأى حالة أخرى . نبدأ بشروط ابتدائية عشوائية ويؤول الشكل وبسرعة إلى حالات مستقرة قريبة من تلون جلود الحيوانات .

فى شكل (٨٤) نرى أشكالا متباينة مع تغيير قواعد أخذ أوزان الخلايا . من ناحية أخرى نرى أن هذه الأشكال تعطى أشكالا أساسية فى كل اتجاه . فى شكل (٨٥) نرى أمثلة أخرى حيث تحدث بعض الأفضلية لاتجاهات معينة وظهور ما يشبه الخطوط أو الشرائح وهى أقرب للأشكال الحقيقية التى تتلون بها جلود الحيوانات .



شكل(٨٤)

يبين الشكل رسوما تنتج عن أوتوماتون خلوى مع تغيير قاعدة أخذ أوزان الخلايا على بعد مسافتين أو ثلاث مسافات
فى كل صف يبدأ الشكل من شروط ابتدائية عشوائية



شكل(٨٥)

يبين الشكل رسوما تنتج عن قواعد شبيهة بتلك المستخدمة فى شكل ٨٤
ولكن يتم وضع أوزان مختلفة للخلايا فى الاتجاهين الرأسى والأفقى تؤدى إلى ظهور شرائط رأسية وأفقية

النظم المالية
Finncial Systems

لقد سئلت عدة مرات أثناء تطوير فكرة هذا الكتاب هل يمكن تطبيق هذه البرامج بالنسبة للنظم المالية ؟ ليس هناك شك فى أن هذا ممكن . كمثال سوف أناقش باختصار ما هى السمات الأساسية لكل الأسواق المالية .

إذا نظرنا إلى الأسهم ، السندات ، السلع ، العملات أو أى أدوات مالية أخرى ، نرى أنه توجد بعض التوجهات (trends) ولكنها فى نفس الوقت تظهر أنواع مختلفة من العشوائية .

لكن من أين تأتى هذه العشوائية ؟

حسب أكثر النظريات الاقتصادية سذاجة ، يعكس سعر أى سلعة قيمتها ، وتتحدد قيمة أية أصول حسب مجموع ما تدرها من دخول فى المستقبل ، مخصوما منها مجموع الفوائد التى تفقد على مدى الفترة التى لابد من انتظارها حتى يتم تحصيل هذه الدخول . حسب هذه النظرية يصبح غير مفهوم لماذا تحدث مثل هذه التقلبات فى الأسعار إذا كان الأمر هكذا . ولكن ما يقال عادة هو أن السعر يتحدد ليس حسب قيمة السلعة وإنما حسب أفضل تقييم عند لحظة معينة . والآن أصبح من الواضح أن هذا التقييم يعتمد على عوامل كثيرة منها الأحداث التى تجرى فى العالم والتى تؤدى إلى تحركات عشوائية فى الأسعار تعكس التقلبات التى تحدث فى كل الأوساط المحيطة . لكن كل هذا لا يفسر التقلبات التى تحدث فى الأسعار أحياناً كل دقيقة أو حتى ثانية ، فى حين تتغير الظروف فى الأوساط المحيطة بمعدلات أسابيع أو أيام على الأقل .

يضاف إلى هذا أن هذه التقلبات يمكن أن تحدث نظراً لعمليات تجارية داخية ، أى أنه ليست التقلبات ناتجة عن مؤثرات خارجية فقط وإنما أيضاً من أمور داخل النظم نفسها .

كما رأينا فى كل النظم الأخرى ، طالما أن هناك عدد هائل من العناصر فى النظام ، من المنطقى افتراض أن السلوك الكلى المتوسط للنظام سوف يخرج عن نطاق تفاصيل سلوك عناصر منفردة .

أحياناً يقال أن الأسواق لابد أن تكون عشوائية وإلا كان يمكن الحصول على أرباح بمجرد توقعها . ولكن كثير من الناس يكسبون بهذه الطريقة ، فعلا بصرف النظر عن بعض المواقف البسيطة ، من الصعب رؤية كيف تعمل آليات التغذية الخلفية على طمس أو حتى نزع العناصر المتوقعة أينما وجدت هذه العناصر .

بدون شك بعض العشوائية يساعد على خلق بعض الاستقرار فى الأسواق – كما يحدث فى كل النظم التى ناقشناها فى هذا الكتاب ، فى الواقع – تعمل معظم

الأسواق على منع حالات عدم الاستقرار الحادة التى تفقد العشوائية آلياتها ، فى بعض الأحيان بوقف تام للعمليات المالية .

ولكن ما هو المصدر الأساسى لهذه العشوائية فى المكان الأول ؟

بالنسبة لمقاييس الوقت القصيرة ، تكون العشوائية ناتجة عن آليات بيع وشراء داخلية أى الديناميكية الداخلية بالسوق ، وليس لها علاقة مباشرة أو ربما لا علاقة بالمرة بقيمة السلعة التى يتم بيعها أو شراؤها .

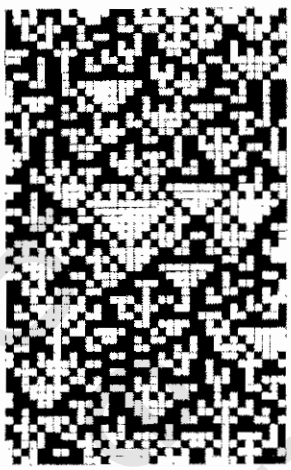
ولكن نعود للسؤال : كيف يمكن فهم ما يحدث ؟

يلزم لذلك وضع نموذج أساسى للعمليات والتفاعلات بين هذا العدد الضخم من الكيانات داخل السوق . إن الرياضيات المبنية على اختزال كل هذه الأمور إلى عدة عوامل تتغير بشكل استمرارى ، من الواضح أنها تقف عاجزة أمام مثل تلك المشكلة . لكن البرامج البسيطة يمكن أن تساهم بشكل كبير فى وصف مثل هذا النظام المالى حيث يمكن وضع أوتوماتون خلوى لكل كيان يسلك سلوكا معينا على حسب سلوك الكيانات الأخرى وحتى يكون النموذج واقعيا لابد من وضع شبكة تفصيلية تعكس إنسياب المعلومات بين الكيانات المختلفة . بعد ذلك توضع قواعد معقدة جداً شبيهة بتلك التى توضع لنظم التجارة المبرمجة . ومن خبرتنا يمكننا القول بأن التعقيد الموجود فى مثل هذه الشبكة لن يؤثر على سلوكها المتوسط الكلى .

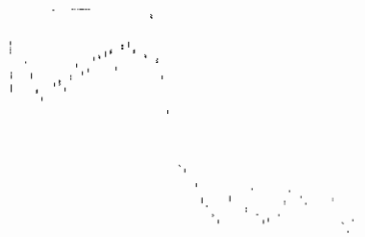
كنموذج بسيط يمكن النظر إلى السوق كأوتوماتون خلوى فى بعد واحد . تمثل كل خلية كيانا منفردا ويمثل لون الخلية فى لحظة ما إذا كان هذا الكيان سوف يشترى أم يبيع . يمكننا تصور الأنماط المختلفة لطرق تحديث لون الخلية . ولكن كنموذج بسيط على كيفية إنسياب المعلومات فى السوق ، نأخذ كمثال كل لون يعطى بقاعدة معينة تعتمد على كيان بالنظر إلى فعاليات جيرانها فى الخطوة السابقة .

بالحدس العام لابد أن يكون سلوك مثل هذه المنظومة سلوكا بسيطا ، وليس كالسلوك المعقد للسوق الحقيقية بالتأكيد ولكن كما رأينا فى هذا الكتاب فإن النماذج البسيطة تفضى إلى سلوك يمكن أن يكون شديد التعقيد .

فى شكل (٨٦) نرى مثالا على سلوك مثل هذه النظم فى السوق الحقيقية يستحيل متابعة ماذا يفعل كل كيان على حدة . فى الواقع كل ما نعلمه هو متتالية الأسعار التى تتم بها الصفقات . فى الأوتوماتون الخلوى البسيط يكون الفارق بين العدد الجارى للخلايا السوداء والبيضاء فى الخطوات المتتالية هو المؤشر الذى يناظر لذلك .



شكل (٨٦ ب)



شكل (٨٦ أ)

شكل (٨٦)

يبين شكل ٨٦ أ نموذجا مبسطا حيث تمثل كل خلية كيانا يبيع أو يشترى فى كل خطوة .
يتحدد سلوك كل خلية حسب سلوك الخلايا المجاورة فى الخطوة السابقة حسب القاعدة المبينة .
يبين شكل ٨٦ ب رسما تقريبيا لتقلبات الأسعار وكما نرى فإنه يعطى عشوائية من عدة جوانب .

يمكن طبعا أن تكون المنظومة أشد تعقيداً مثلاً بوضع شبكة الخلايا ، أو بجعل الخلايا المختلفة قواعد مختلفة بل ومتغيرة . كل هذا لن يؤثر على السلوك الكلى للنظام وظهور العشوائية به داخليا مع تطور النظام .