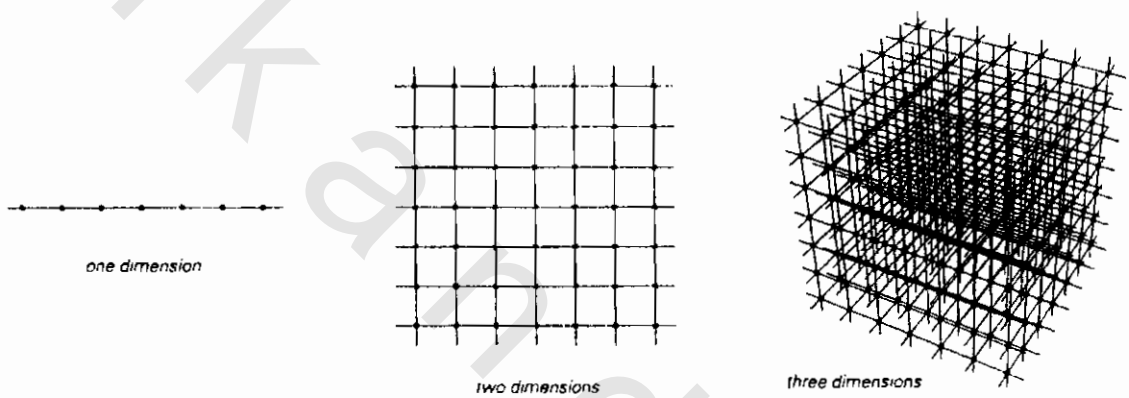
الباب الخامس

النظم ثنائية الأبعاد وأكثر

Two Dimensioss and Beyond

مقدمة :

فى هذا الباب سوف ندرس سلوك النظام إذا لم يقتصر على بعد واحد . فى شكل (٧١) نرى رسما تخطيطيا يوضح الفارق بين النظم أحادية ، ثنائية وثلاثية الأبعاد .

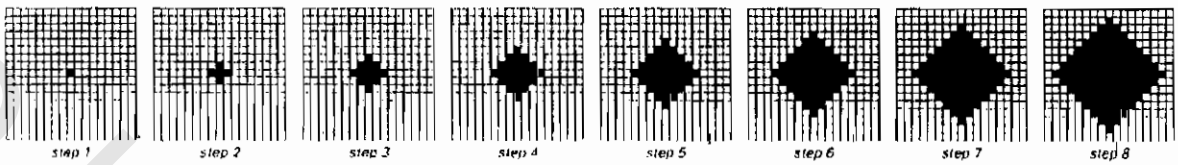


شكل (٧١)

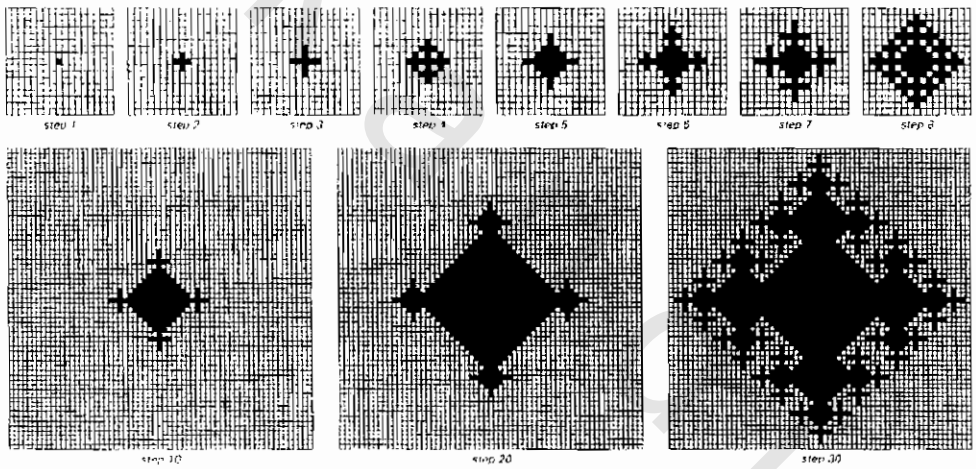
الأوتوماتا الخلوية : Cellular Automata

فى شكل (٧٢ أ ، ب ، جـ) نورد رسوما تخطيطية لكيفية تطور برنامج بسيط فى بعدين وثلاثة أبعاد .

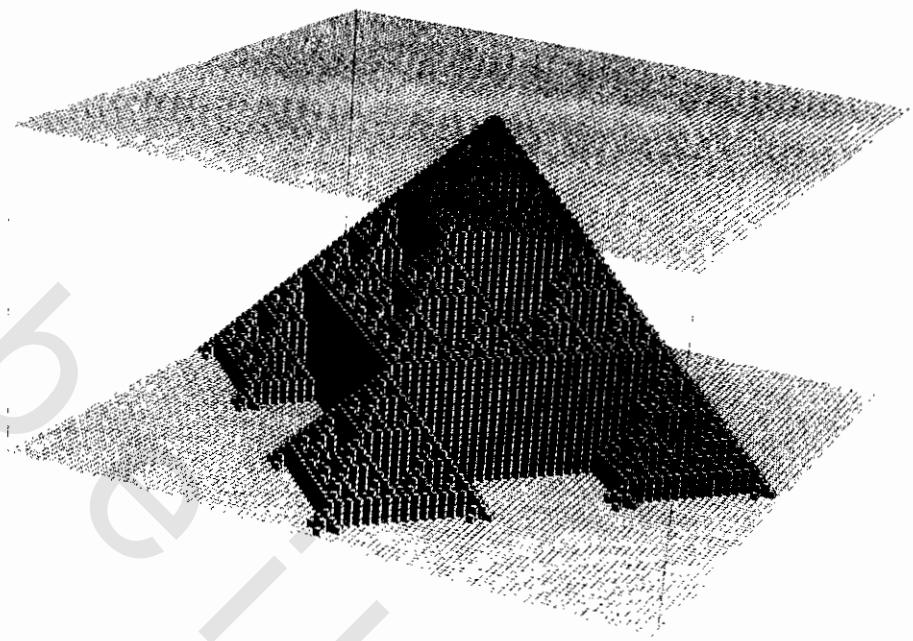
obeikandl.com



شكل (٧٢أ) قاعدة(1002)

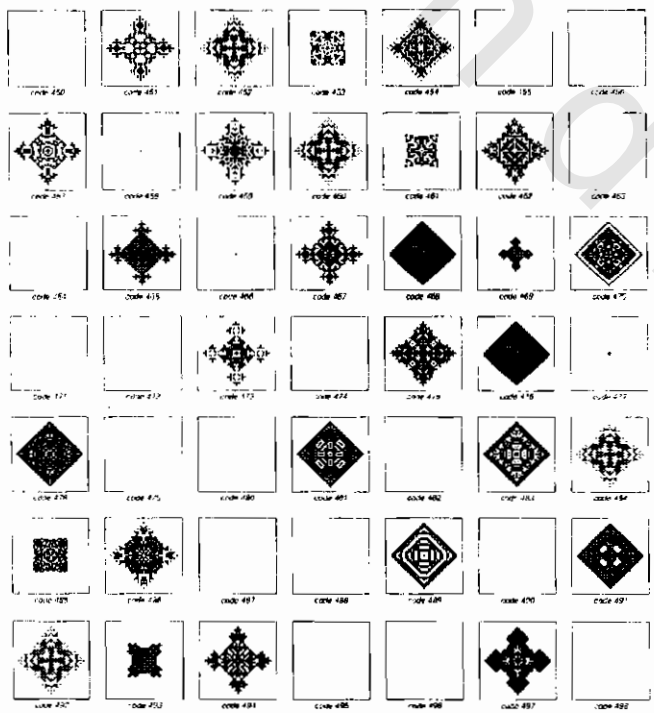


شكل (٧٢ب) قاعدة(٩٤٢)



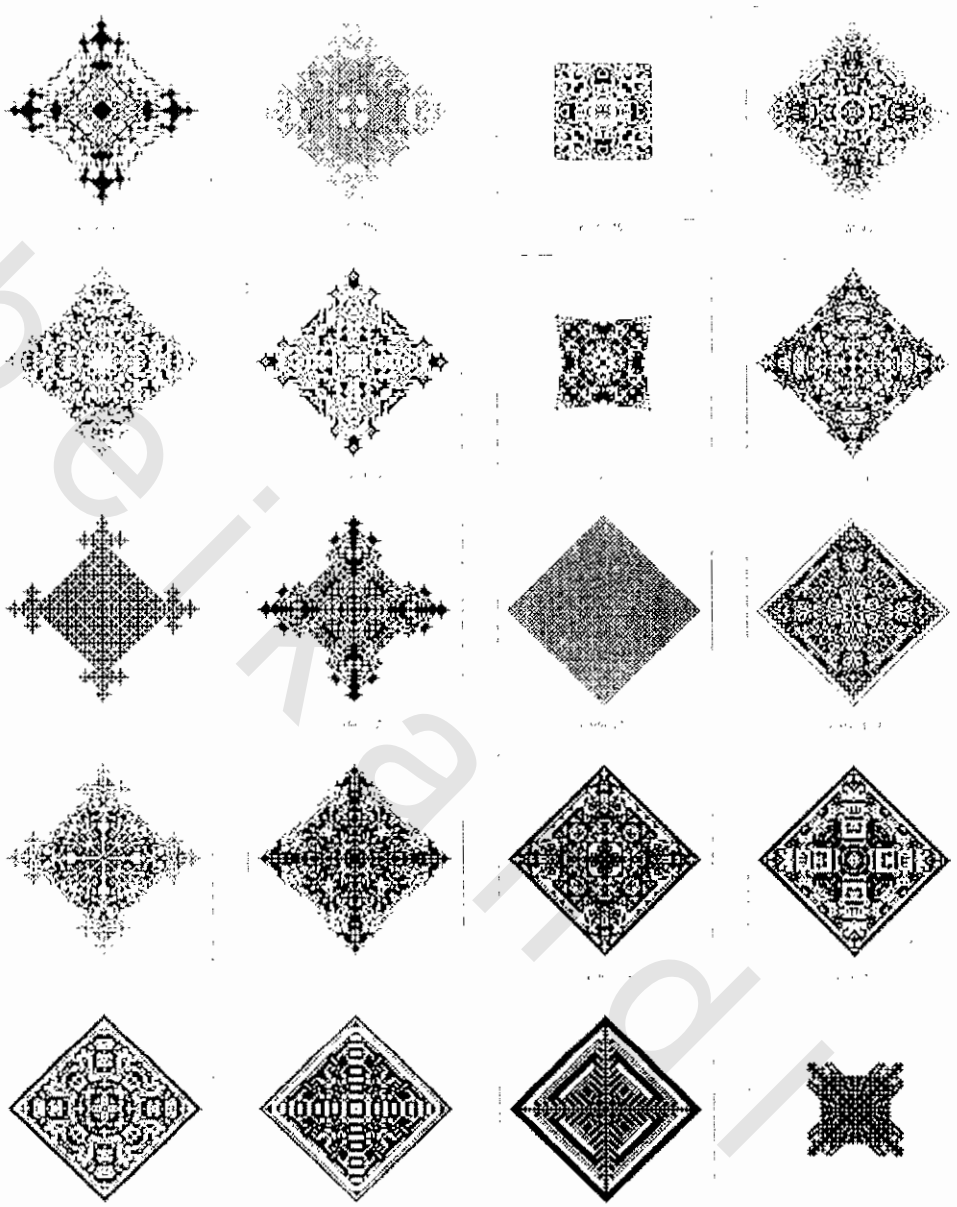
شكل (٧٢ جـ) قاعدة

فى شكل (٧٣) نورد رسوما عديدة حيث نبين القاعدة المتبعة مع كل رسم ، وذلك بعد ٢٢ خطوة . شكل (٧٤) نورد نفس الرسوم ولكن بعد ٤٤ خطوة .



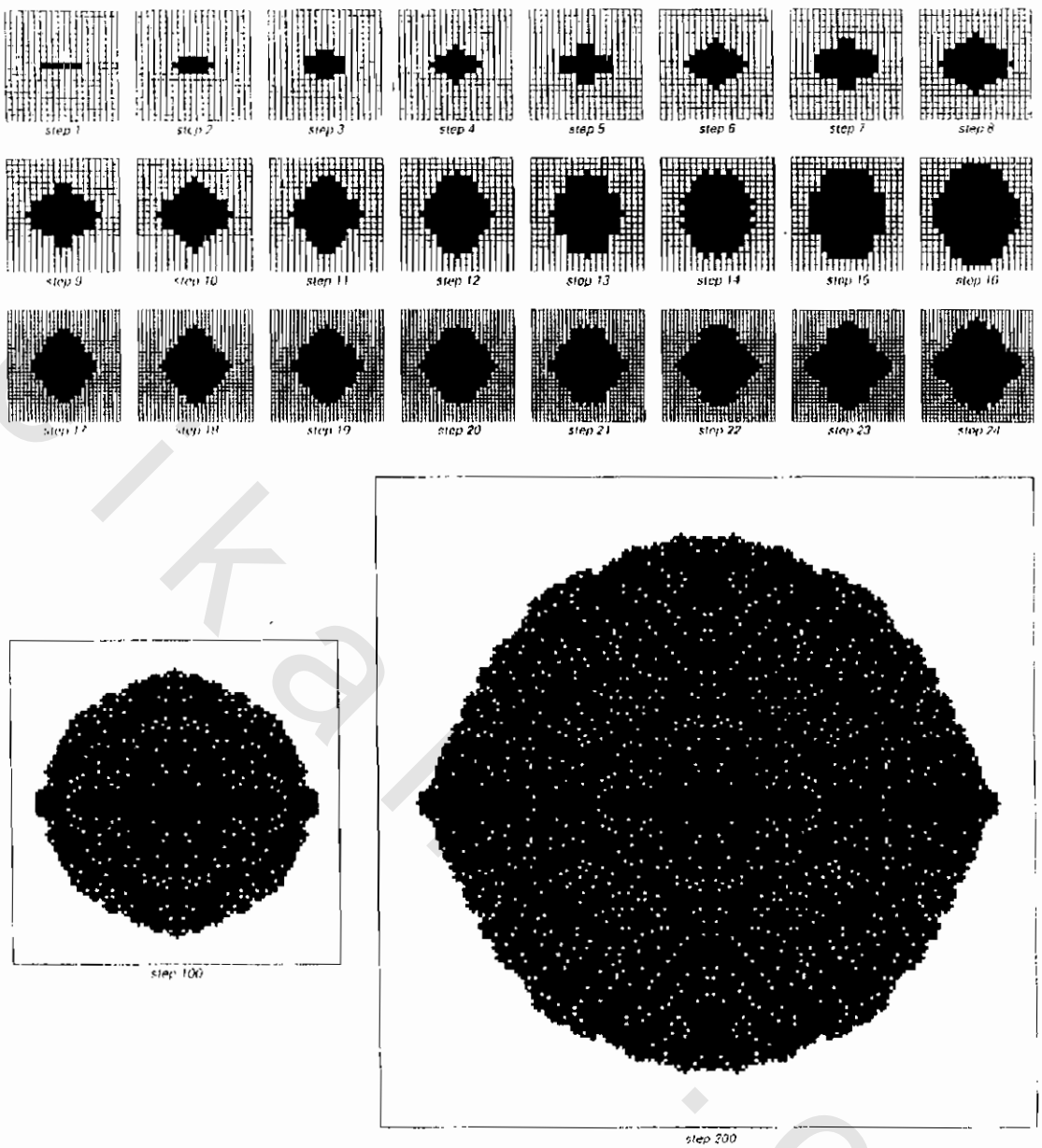
شكل (٧٣)

obeikandl.com



شكل (٧٤)

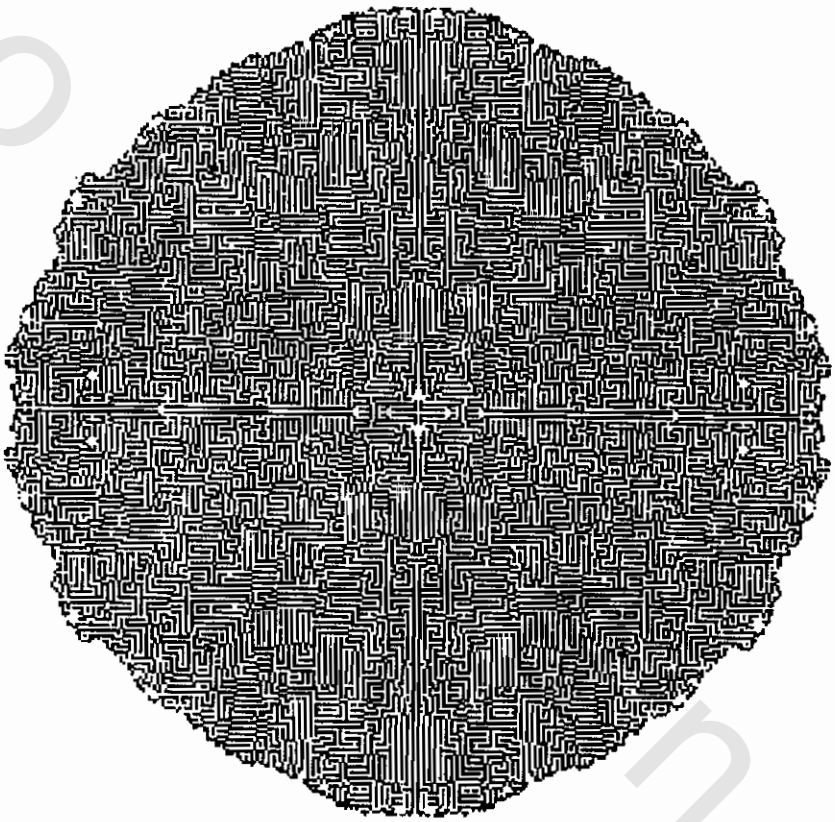
obeikandl.com



شكل (٧٥) قاعدة (١٧٥٨٥٠)

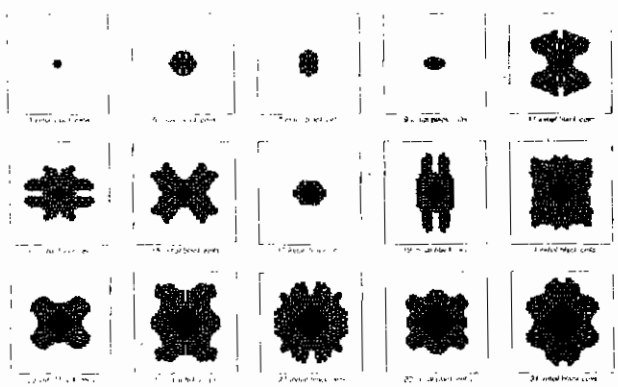
فى شكل (٧٥) نورد رسوما توضح كيفية الحصول على سطح خارجى خشن بعد ٢٤ خطوة مع تغيير بسيط فى القاعدة المتبعة باعتبار كل الخلايا المجاورة ، بدءاً بمجموعة من سبع خلايا سوداء . الصورة الأخيرة تم الحصول عليها بعد مائتى خطوة .

فى شكل (٧٦) نورد رسما يبين تطور أوتوماتون خلوى فى بعدين بدءاً بسبع خلايا سوداء وبعد أربعمائة خطوة .



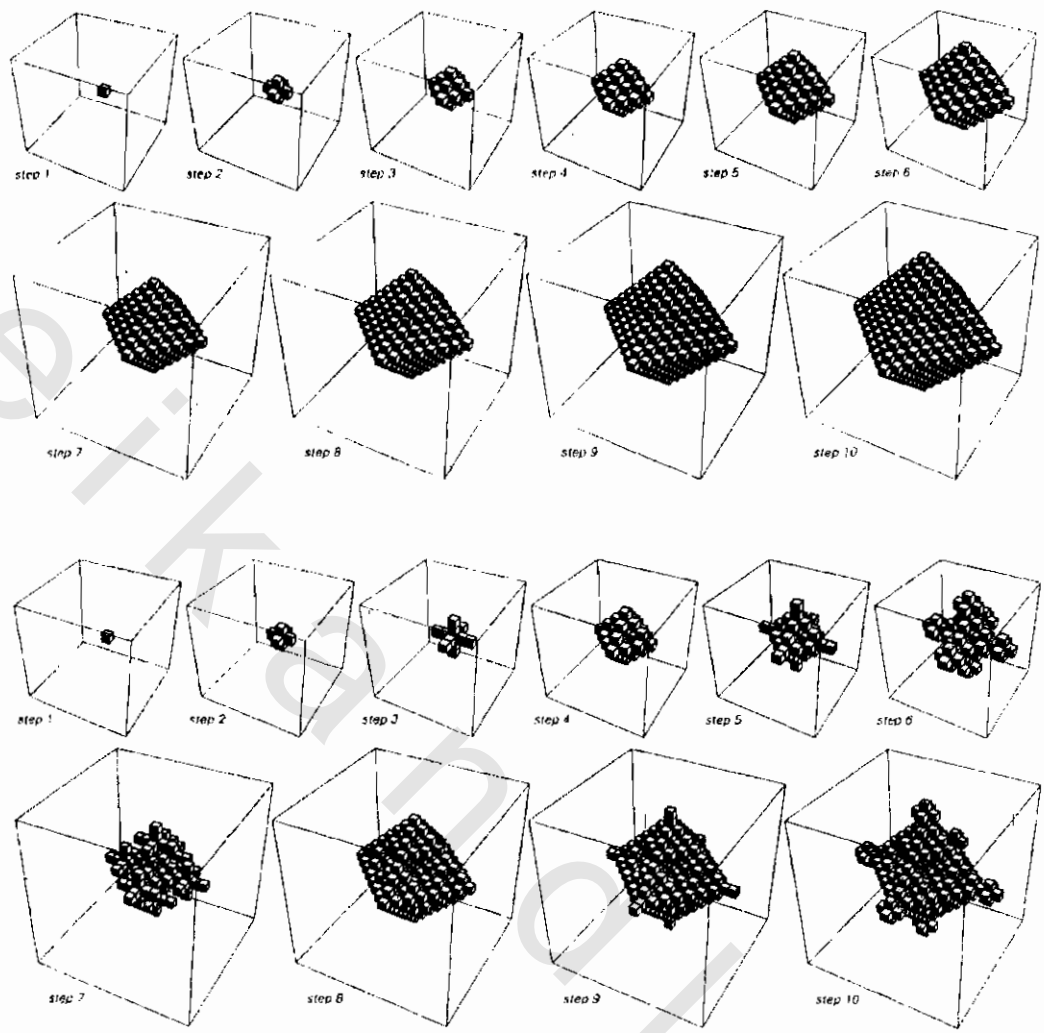
شكل (٧٦)

فى شكل (٧٧) نورد رسما يبين عدة صور نهائية لتطور أوتوماتون خلوى حسب القاعدة (١٧٤٨٢٦)مع تغيير عدد الخلايا الأولية التى نبدأ بها .

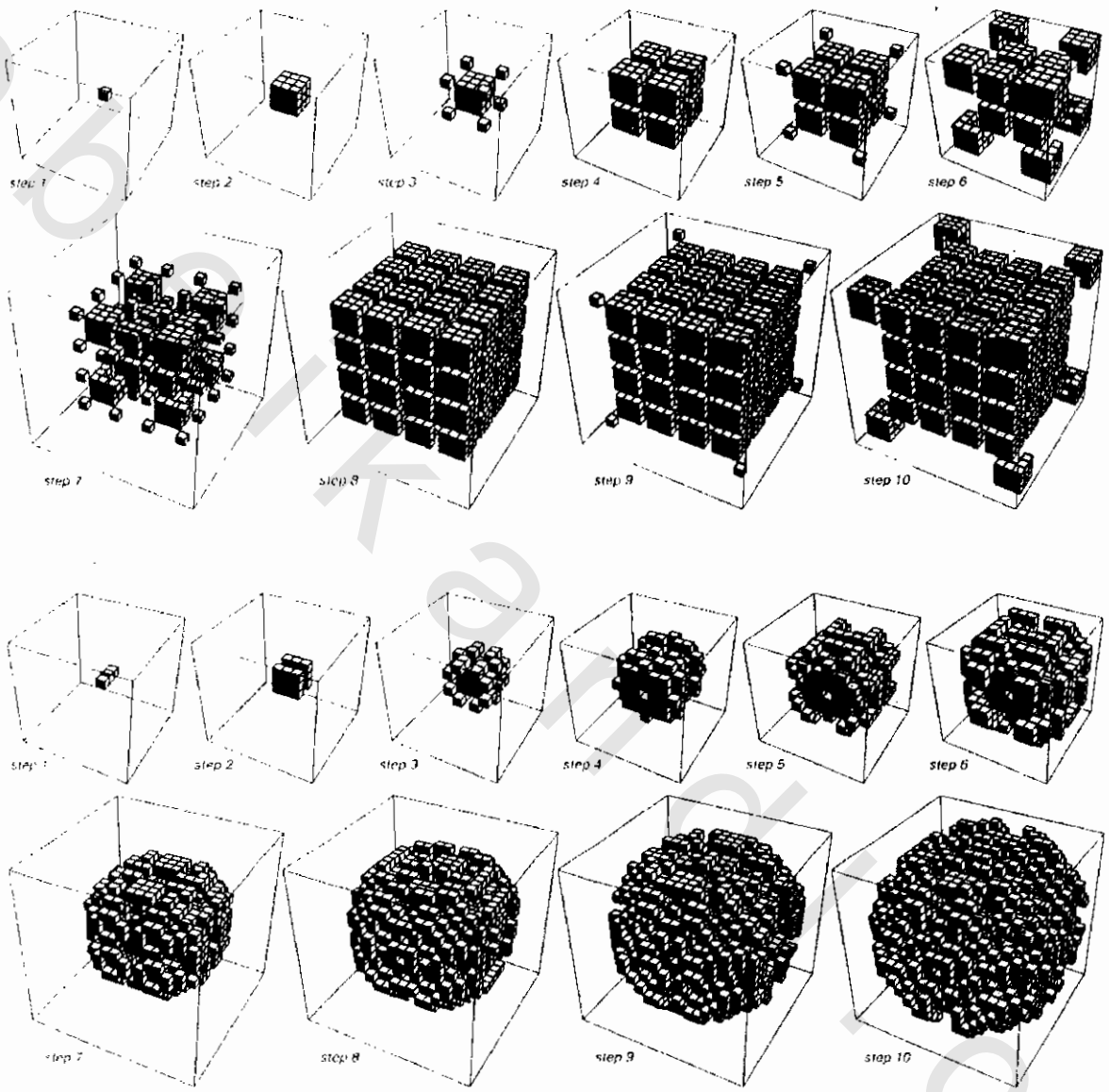


شكل (٧٧)

فى شكل (٧٨ أ ، ب) نورد صورا لأوتوماتون خلوى ثلاث الأبعاد (مناظرة لشكل ٧٢) . فى شكل (٧٨ ب) .



شكل (٧٨أ)

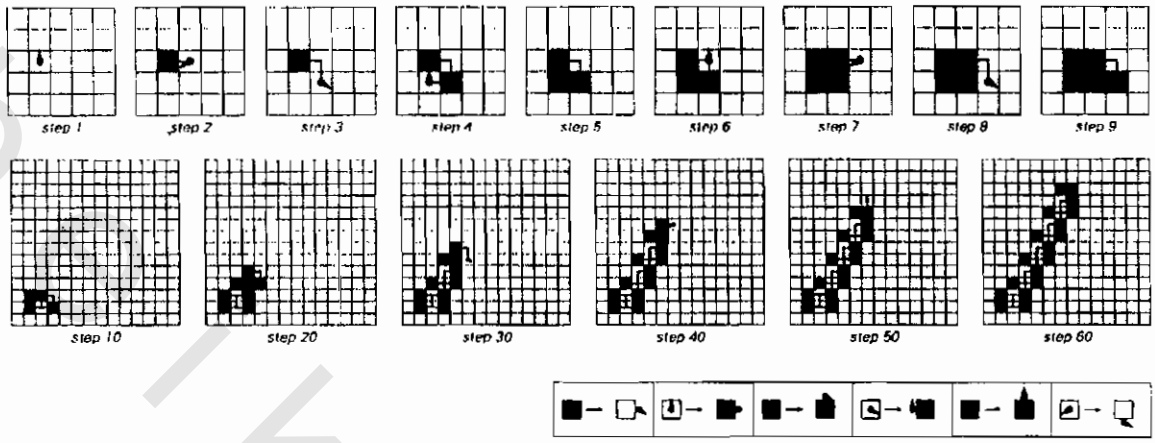


شكل (٧٨ ب)

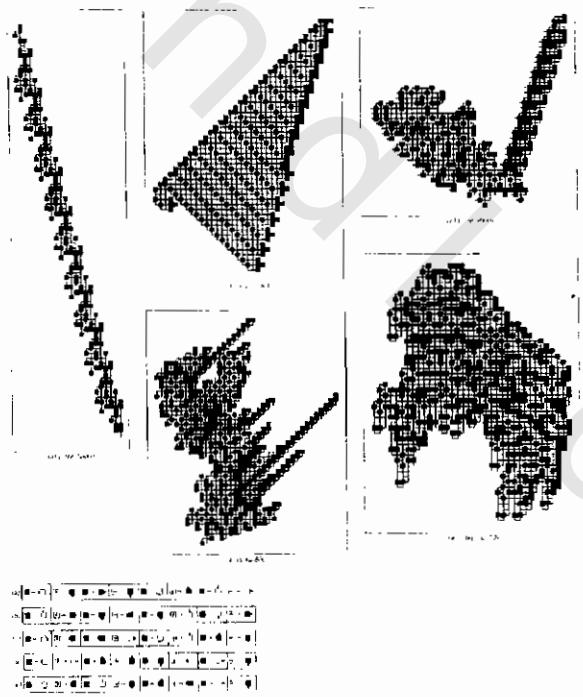
نأخذ فى الاعتبار لون ٢٦ خلية مجاورة .

آلات تورينج : يمكن كما أوردنا بالنسبة للأوتوماتا الخلوية أن نعمم نفس هذه الطرق بالنسبة لآلات تورنج . الفارق هنا ينحصر فقط فى أن آلات تورنج سوف تتحرك فى اتجاهين بدلا من التحرك للأمام والخلف فى بعد واحد .

فى شكل (٧٩) نورد رسوما تبين كيفية عمل آلات تورنج فى بعدين .



شكل (٧٩)

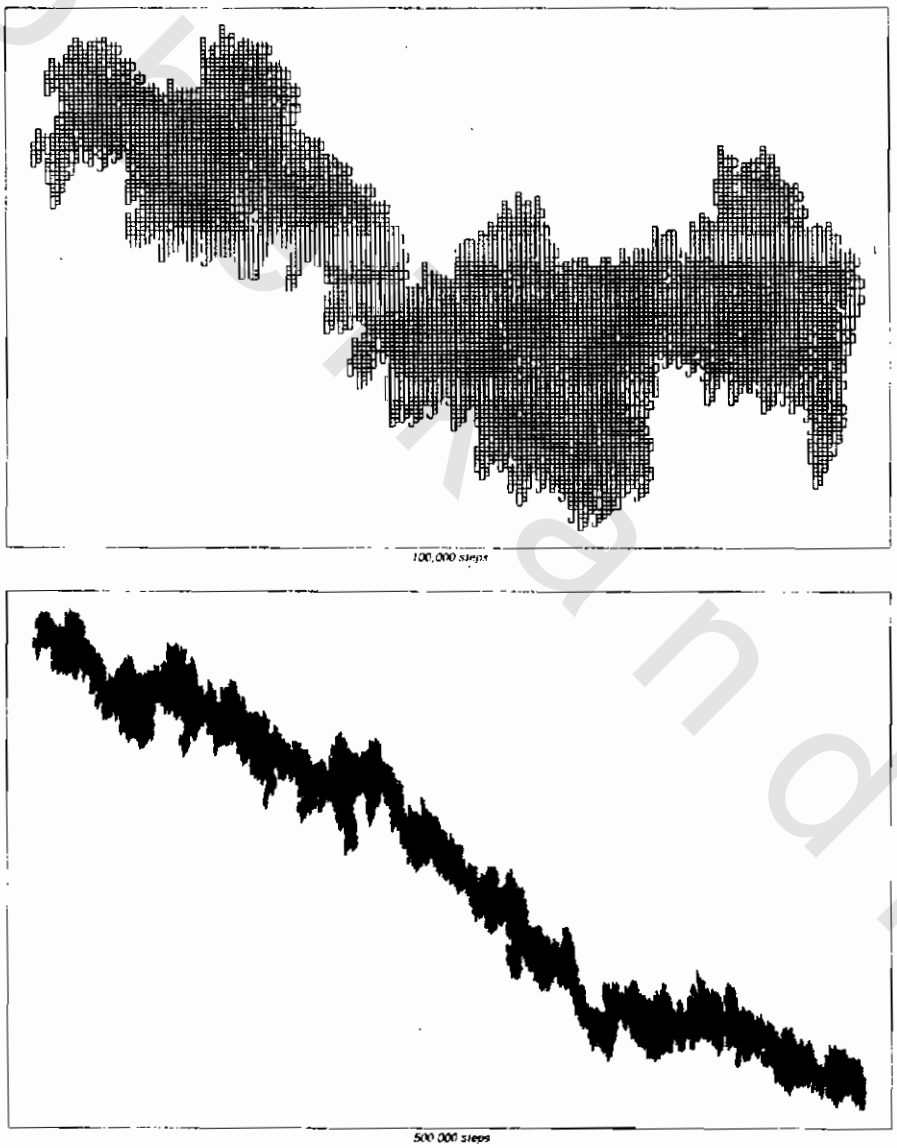


شكل (٨٠أ)

obeikandl.com

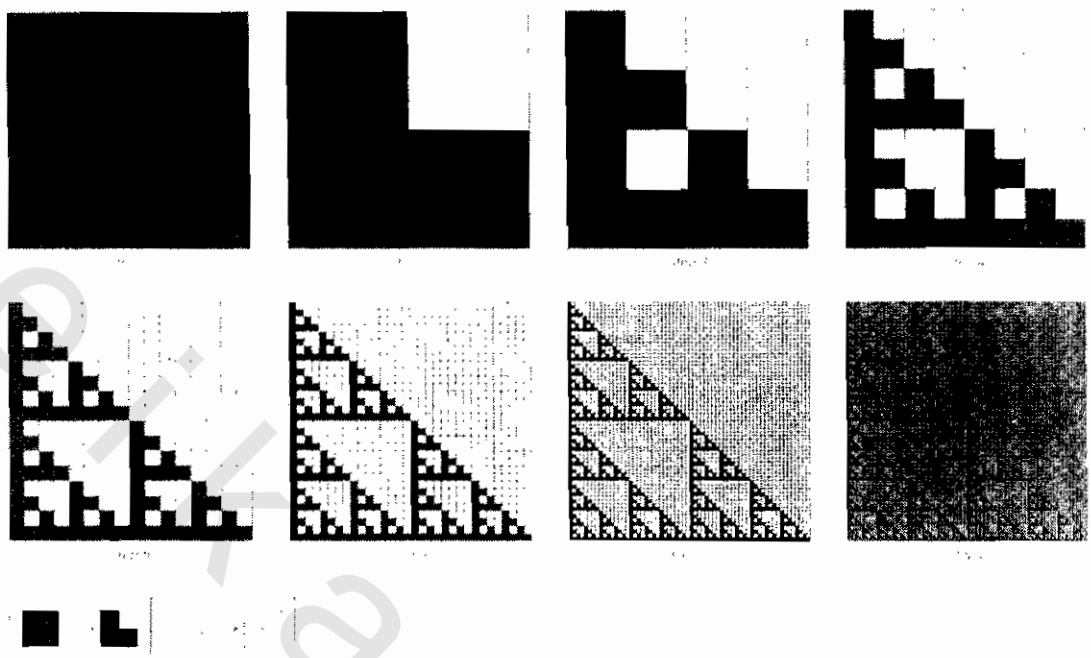
يتشابه سلوك آلات تورنج فى بعدين مع سلوكها فى بعد واحد ولا تظهر السلوك المعقد إلا نادراً .

فى شكل (٨٠ أ ، ب) نورد رسوما توضح سلوك آلات تورنج فى بعدين (وأربع حالات) توضح السلوك المعقد لبعضها .



شكل (٨٠ ب)

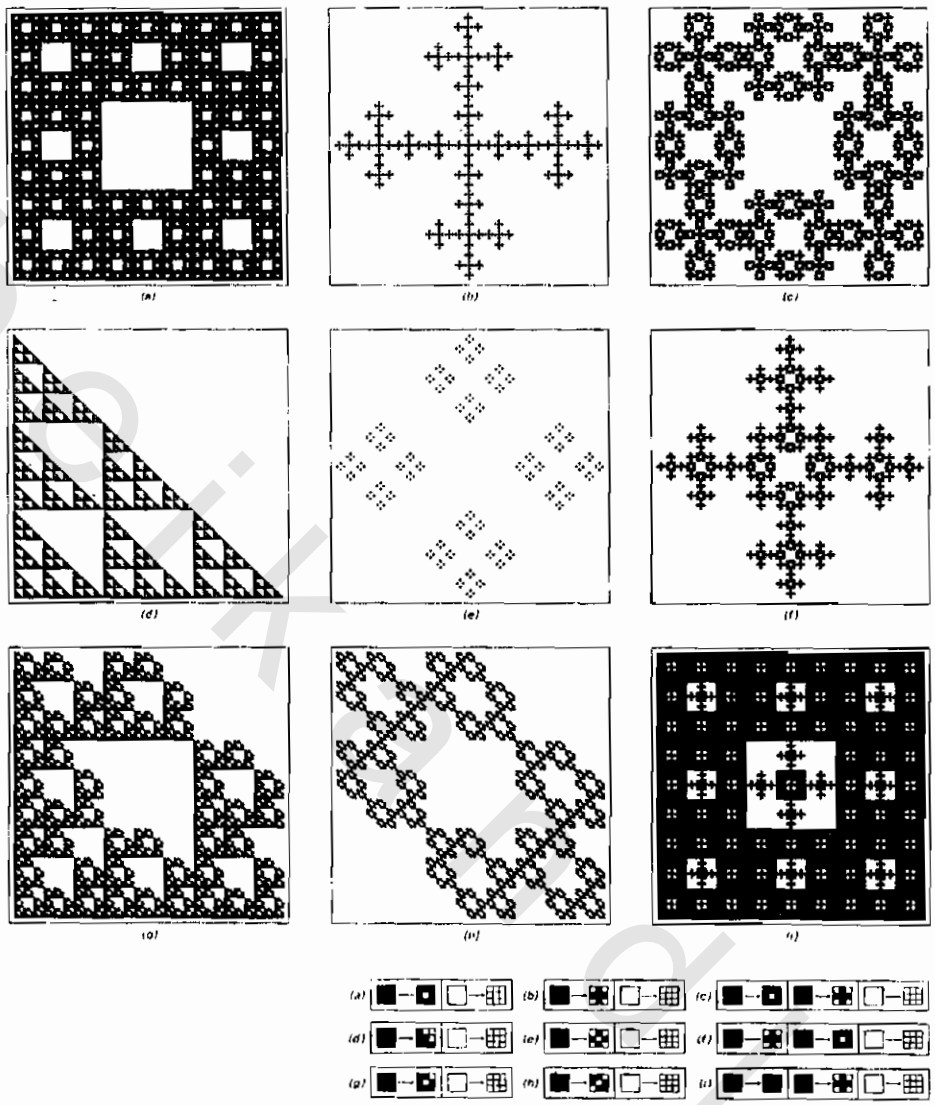
نظم الاستبدال والنظم الكسرية : فى شكل (٨١) نورد كيفية عمل نظم استبدال فى بعدين حيث ينقسم كل عنصر إلى عدة عناصر كما هو مبين فى الشكل على سبيل المثال .



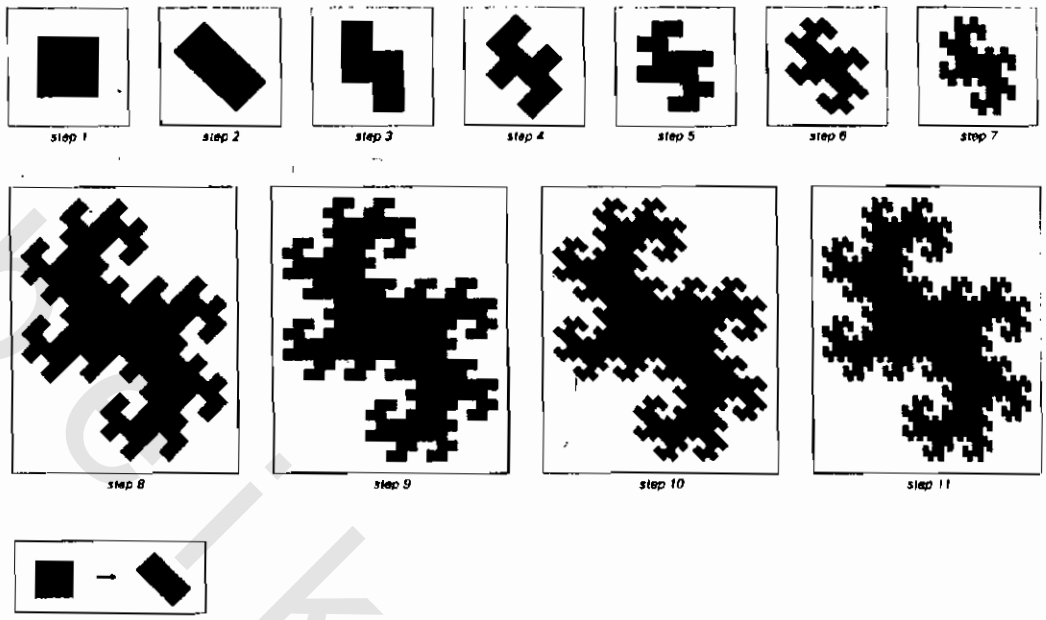
شكل (٨١)

فى شكلى (٨٢ ، ٨٣) نورد رسوما توضح سلوكا أعقد لنظم استبدالية ثنائية البعد . كما نرى يحدث تداخل وذلك نظراً لأن كل مربع أسود ينقسم لعدة خلايا سوداء أيضاً – الخلاصة أننا نحصل على أشكال غريبة بعض الشىء ولكنها منتظمة.

ولكن الفكرة العامة عن بناء أشكال باستخدام قواعد هندسية بشكل تكرارى هى أساس ما يسمى بالهندسة الكسرية .

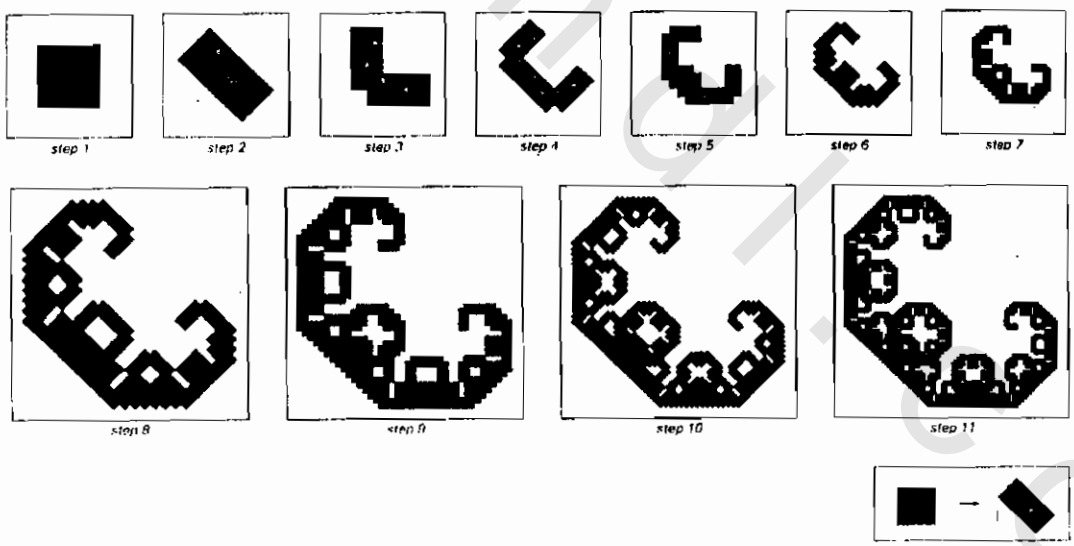


شكل (٨٢)



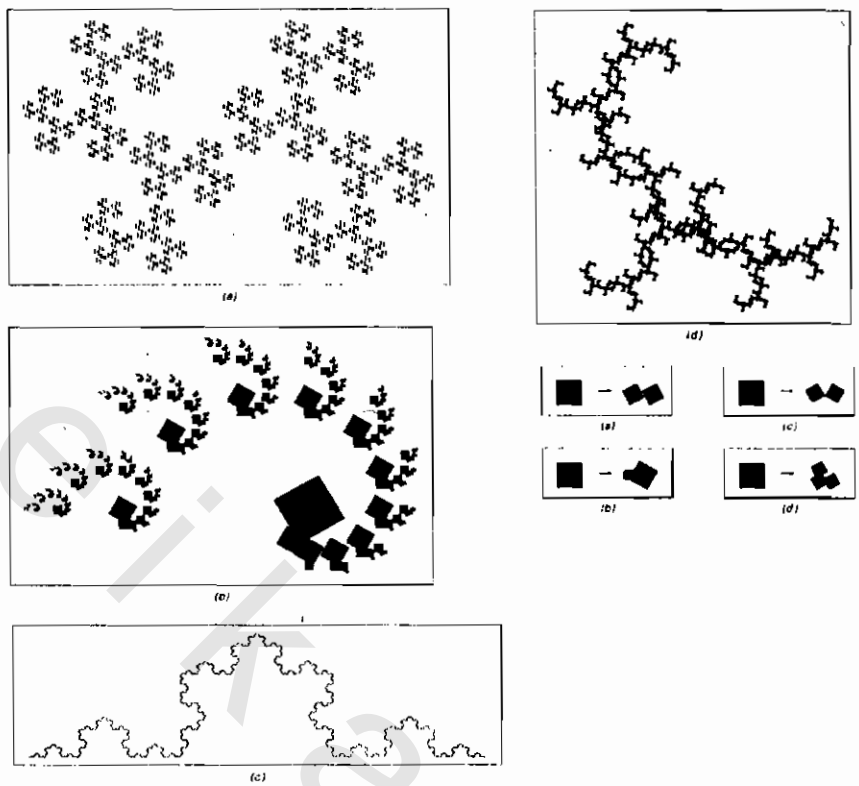
شكل (٨٣)

فى شكل (٨٤) نرى أيضاً رسوما ذات عناصر متداخلة .

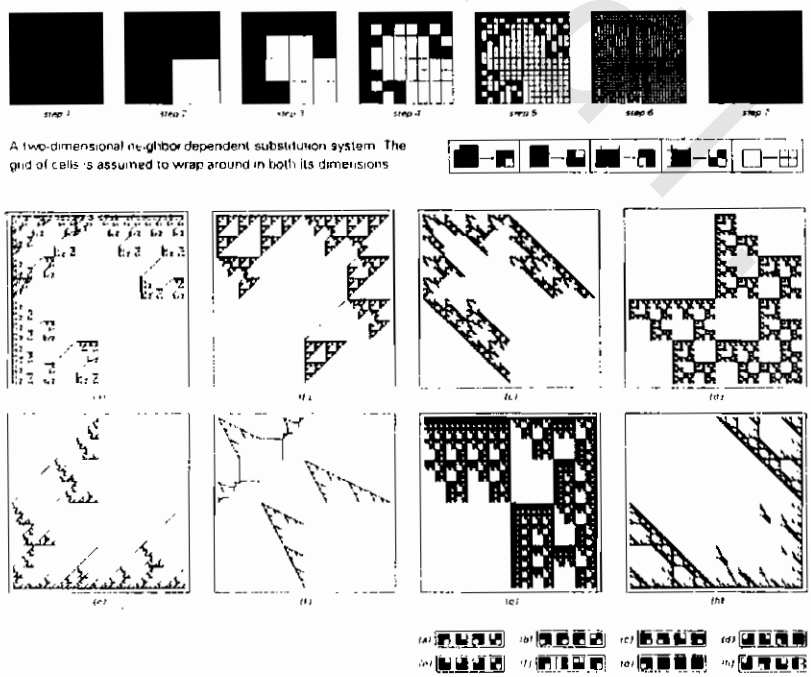


شكل (٨٤)

فى شكل (٨٥) نرى رسوما أعقد ، وفى شكل (٨٦) نرى رسوما ذات سلوك شديد التعقيد .



شكل (٨٥)



شكل (٨٦)

obeikan.com

نظم الشبكات :

السمة الأساسية فى الأوتوماتا الخلوية هى أن عناصرها تترتب بشكل منتظم ويظل هذا الشكل ثابتا من خطوة لأخرى . فى نظم الاستبدال ذات قواعد الإحلال الهندسية تعطى بعض الحرية ولكن ما تزال بعض القيود تحتم وقوع العناصر فى بعدين فقط .

وجد أنه يمكن بناء بعض النظم التى تخلو من مثل هذه القيود وفى هذا الجزء سوف نستعرض ما يسمى بنظم الشبكات .

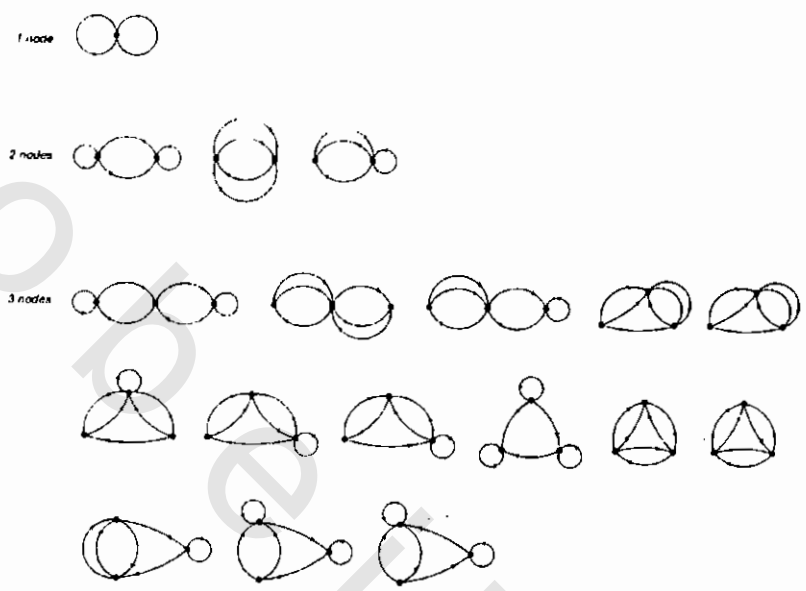
من ناحية المبدأ الشبكات هى عبارة عن مجموعة من العقد مع وجود وصلات بين هذه العقد ، والقواعد التى حسبها نحدد كيف تتغير هذه الوصلات من خطوة لأخرى .

فى الشبكات الكهربية تعتمد خواص الشبكة على طريقة توصيل العقد وليس على وضع هذه العقد وكيفية رسمها .

بالطبع لكى نضع رسما للشبكة لابد أن نختار أوضاع العقد فى هذه الشبكة ، ولكن النقطة الحاسمة فى هذا الموضوع أن هذه الأوضاع ليست ذات أهمية أساسية، إن اختيارها يتم فقط لتساعد فى عمل شكل توضيحى سليم للشبكة .

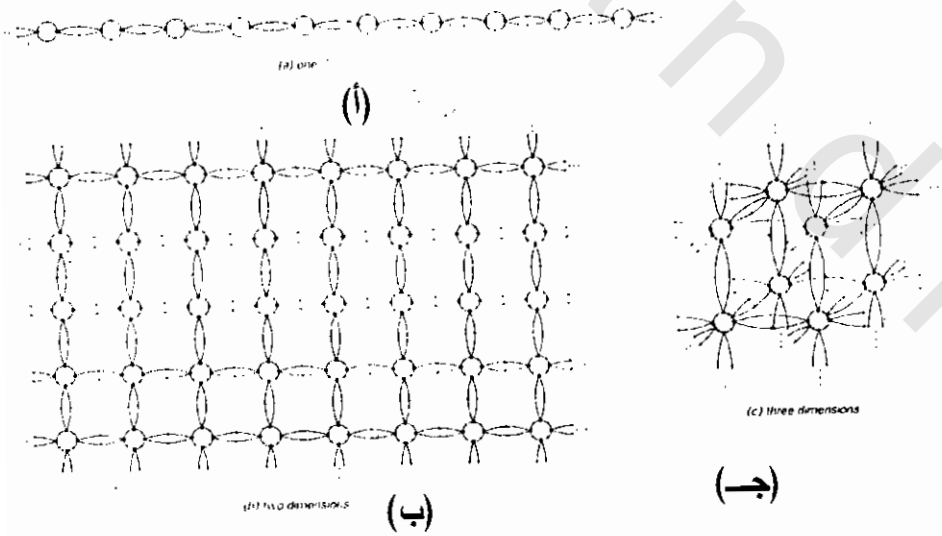
عند وضع تصميم للشبكة نختار للعقدة الواحدة أى عدد من الوصلات التى تأتى منها . وهنا يمكن أن نحدد أن كل عقدة يتصل بها وصلتان خارجتان منها ، إحداها تذهب إلى عقدة أخرى أو تعود مرة أخرى إلى نفس العقدة .

أبسط مثال لهذه الفكرة هو عقدة واحدة تعود الوصلتان إلى نفس العقدة كما هو مبين فى الرسم الأول من شكل (٨٧) .



شكل (٨٧)

فى شكل (٨٨) نورد رسما لشبكة مبسطة جداً يمكن التعرف على كيفية توصيل العقد بها .

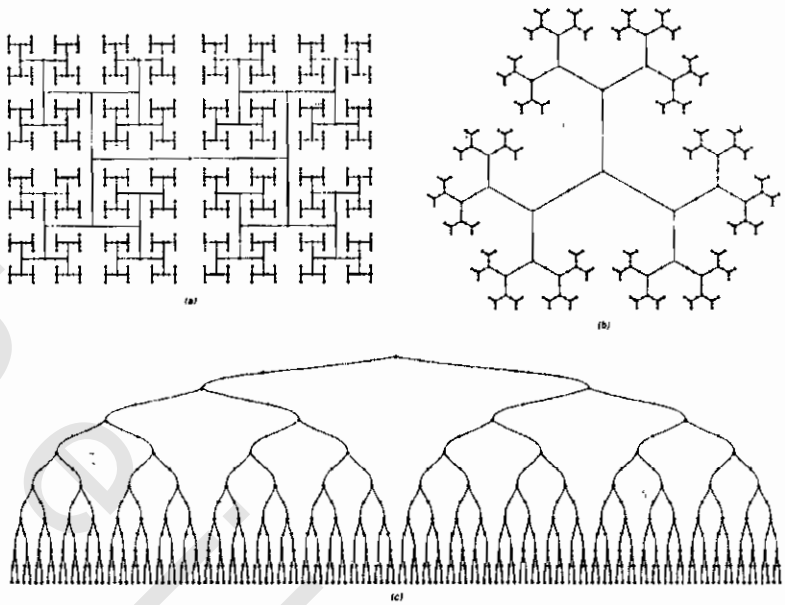


شكل (٨٨أ، ب، جـ)

فى شكل (٨٨ أ) نرى شبكة ذات بعد واحد ، فى شكل (٨٨ ب) شبكة ذات بعدين ، فى شكل (٨٨ جـ) شبكة ذات ثلاثة أبعاد .

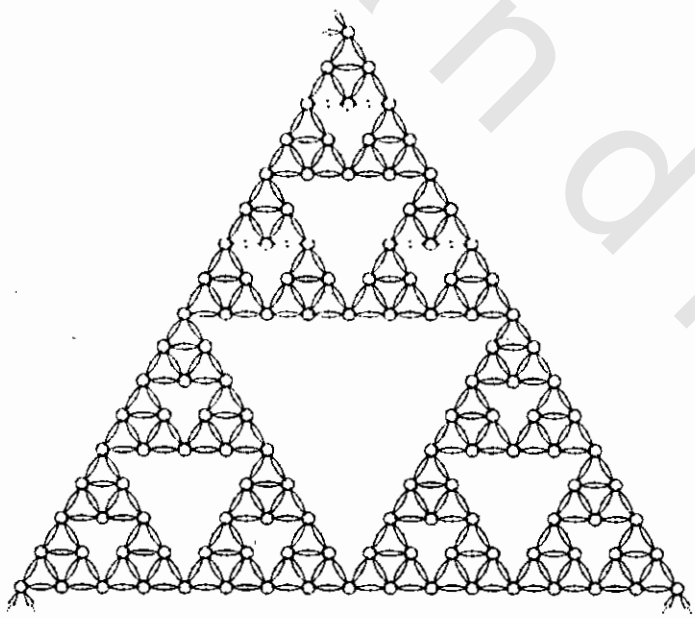
فى شكل (٨٩) نرى شبكات تعطى «شجيرات» (trees) وليس صفوفا (arrays) .

openkandil.com



شكل (٨٩)

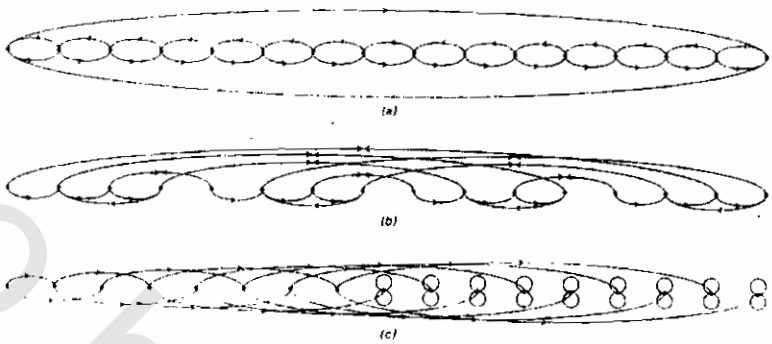
فى شكل (٩٠) نورد تنظيما أكثر تعقيدا حيث تظهر شبكة ذات أشكال متداخلة .



شكل (٩٠)

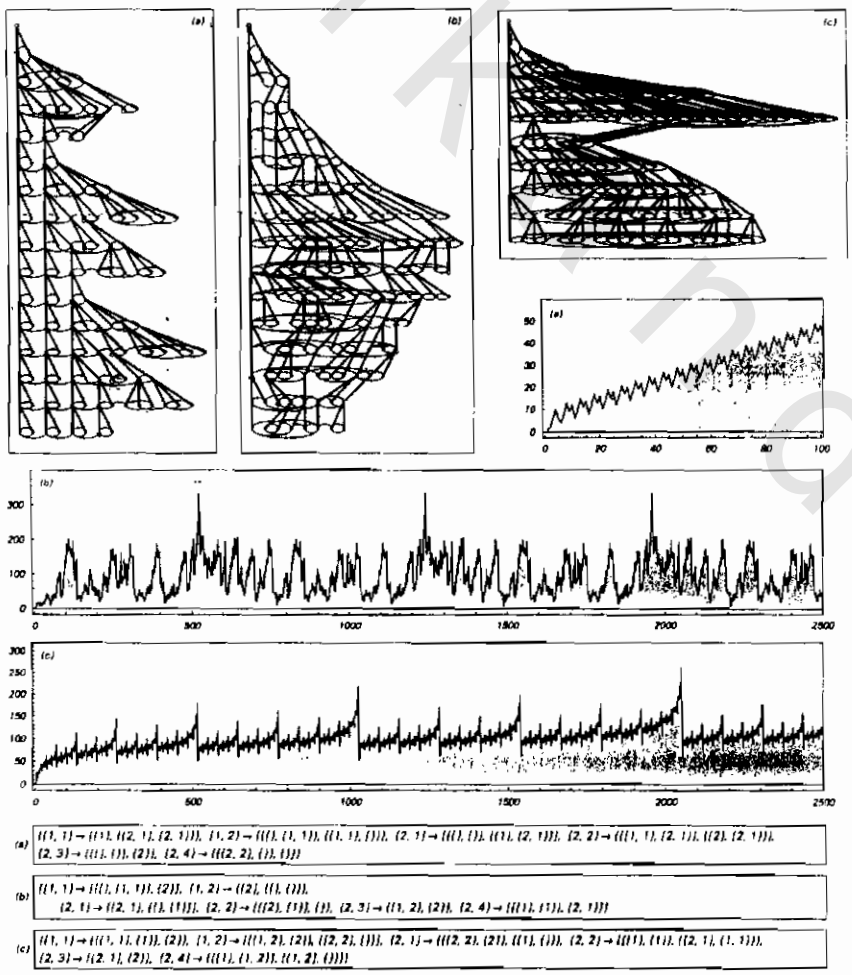
فى شكل (٩١ أ، ب، جـ) نعطى أمثلة أخرى تبدو أقل وضوحا لكنها من ناحية المبدأ لا تختلف عن سابقاتها من حيث كونها أحادية البعد فى شكل (أ) ، ثنائية فى شكل (ب) وثلاثية فى شكل (جـ) .

obeikandl.com

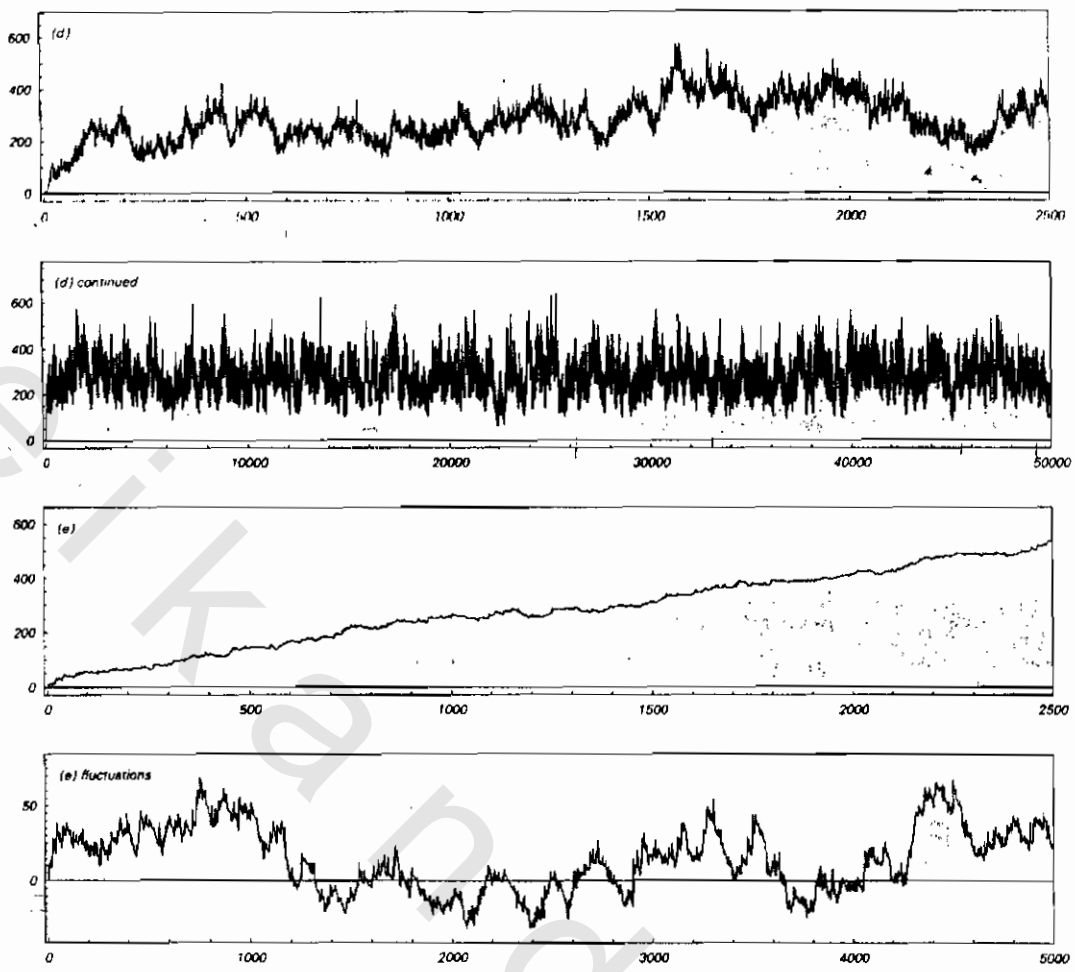


شكل (٩١أ، ب، جـ)

فى شكلى (٩٢ ، ٩٣) نورد رسوما تبين شبكات تخضع لقواعد توصيل مختلفة وكما نرى نحصل على أشكال شديدة التعقيد .



شكل (٩٢)



(d) {{1, 1} → {{1, 2}, {1, 2}}, {}}, {1, 2} → {{2, 2}, {{1}, {1}}}, {2, 1} → {{1}, {{}, {2}}}, {2, 2} → {{1, 2}, {2, 1}}, {2, 3} → {{{2, 1}, {2}}, {1}}, {2, 4} → {{1}, {1, 1}}}

(e) {{1, 1} → {{}, {{1, 1}, {1, 2}}}, {1, 2} → {{{}, {1}}, {{1, 1}, {1, 2}}}, {2, 1} → {{2}, {1}}, {2, 2} → {{{2, 1}, {1}}, {{1, 1}, {2}}}, {2, 3} → {{2, 2}, {2}}, {2, 4} → {{2, 1}, {2}}}

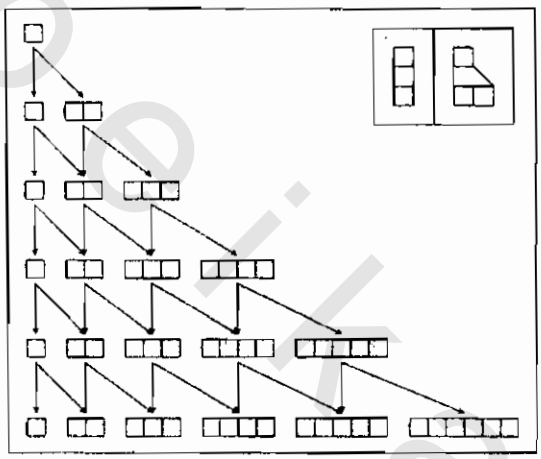
شكل (٩٣)

النظم متعددة المسارات
Multiway Systems

فى كل النظم السابقة كنا نتعامل مع نظم ذات ترتيب أحادى البعد لعناصره بالنسبة للزمن ، وتتطور مع الزمن خطوة بعد خطوة .

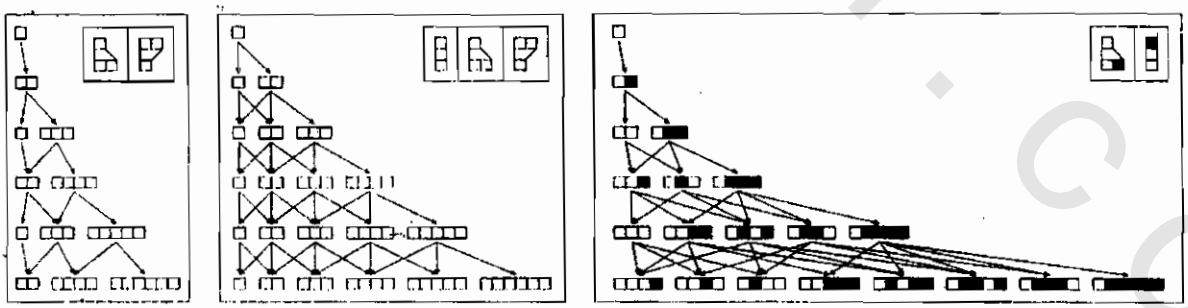
النظم متعددة المسارات هى النظم التى لكل عنصر عدة حالات يمكن أن يتواجد فيها وليس حالة واحدة كما فى كل النظم السابقة .

فى شكل (٩٤) نرى مثالا بسيطاً لمثل هذه النظم .



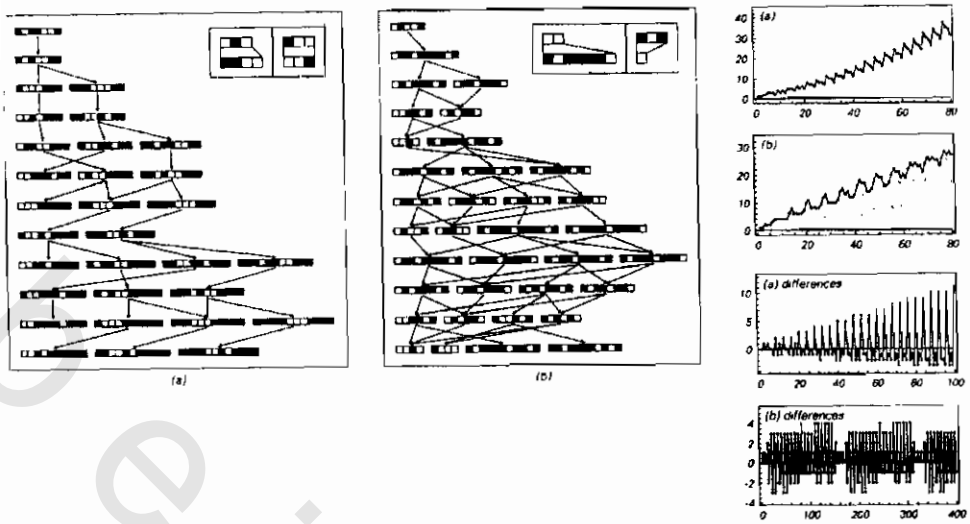
شكل (٩٤)

فى شكل (٩٥ أ ، ب) نرى كيف يتعقد تطور النظام رغم أن القواعد ما تزال بسيطة .



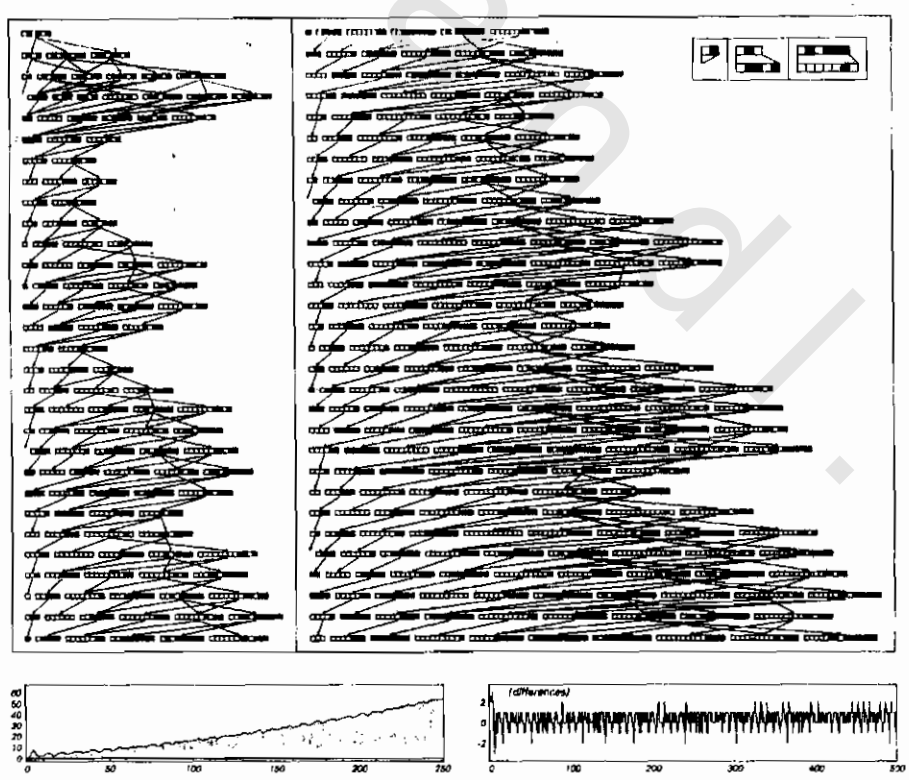
شكل (٩٥)

obeikandl.com



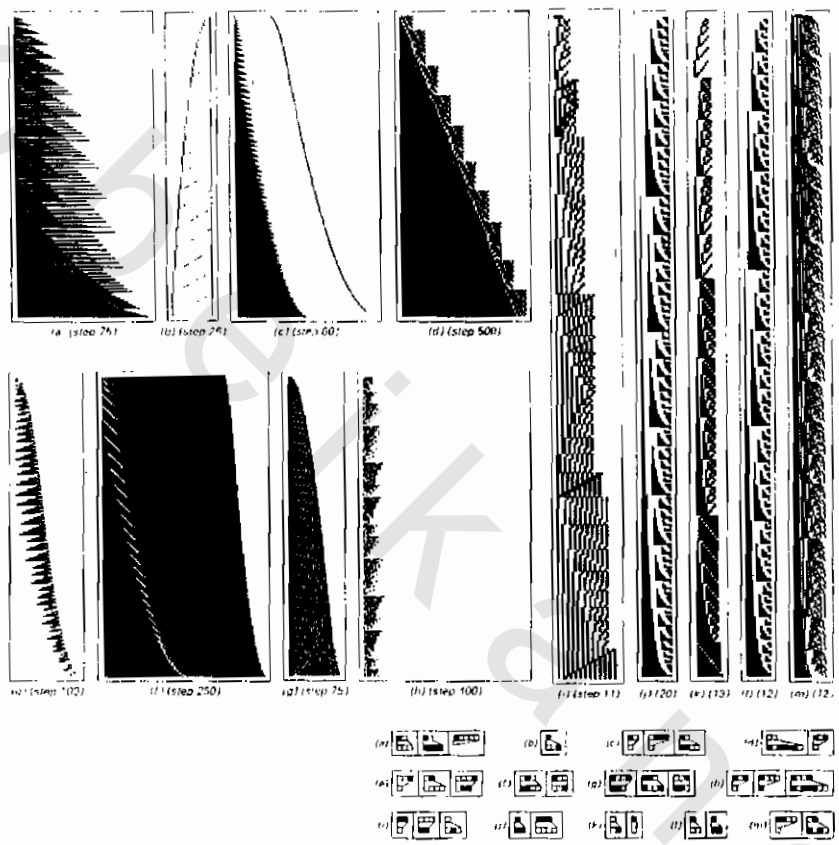
شكل (٩٥ ب)

فى شكل (٩٦) نرى تعقدا أكبر وتكرارا يحدث كل ١٠٧١ خطوة .



شكل (٩٦)

فى شكل (٩٧) نرى أشكالا شديدة التعقيد رغم أن نمو العناصر يتم بشكل تدريجى .



شكل (٩٧)

النظم المبنية على القيود :
Systems Basel on Constraints

فى كل النظم السابقة كان المتبع هو وضع قواعد معينة تحكم تطور النظام خطوة بخطوة . لكن هنا فى هذا الجزء سوف نغير هذه الطريقة حيث يتم فى كثير من مجالات العلم أننا لا نضع قاعدة ولكن قيودا لابد للنظام أن يحققها .

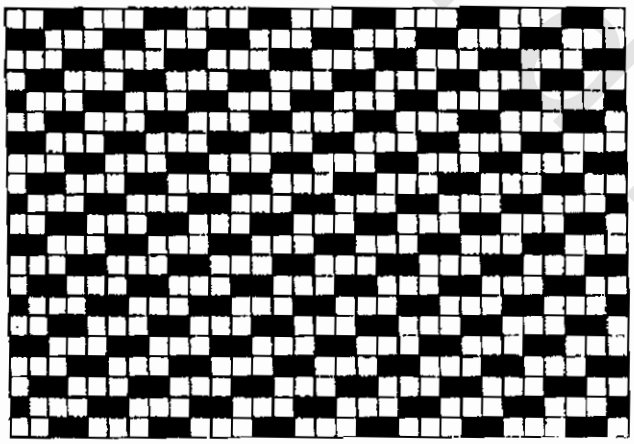
فى شكل (٩٨) نورد مثالا لقاعدة أن كل خلية لابد لها من خلية مجاورة بيضاء وأخرى سوداء .

شكل (٩٨)

إذا خففنا القيد بأن كل خلية لابد لها من خلية مجاورة على الأقل تخالفها فى اللون . كمثال لهذا القيد نحصل على الأشكال المبينة فى شكل (٩٩) .

شكل (٩٩)

من الواضح أن هذه الأشكال لم تظهر سلوكا معقدا نظراً لأنها أحادية البعد . بالنسبة لهذه النظم فى بعدين نورد فى شكل (١٠٠) مثالا .

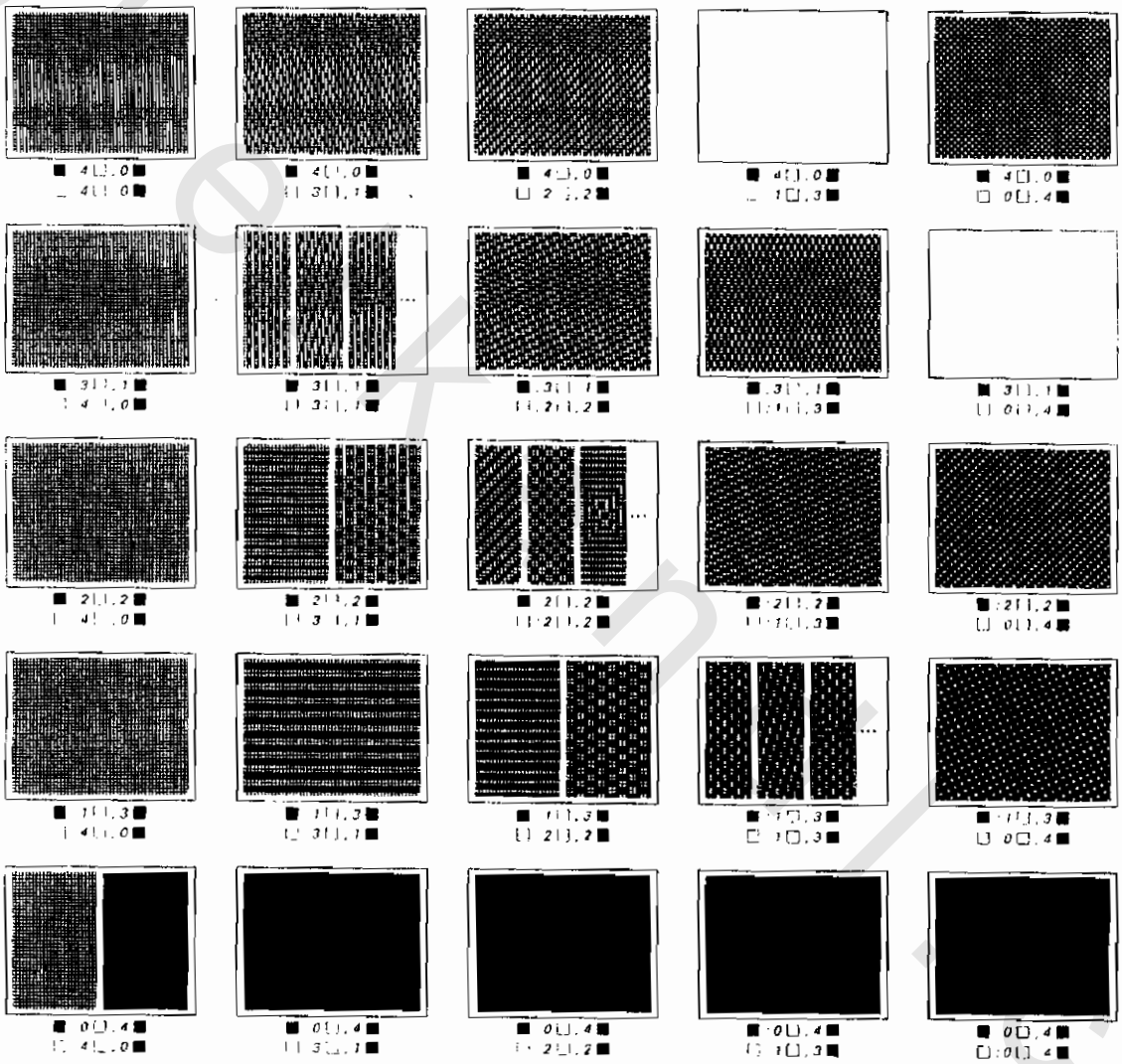


شكل (١٠٠)

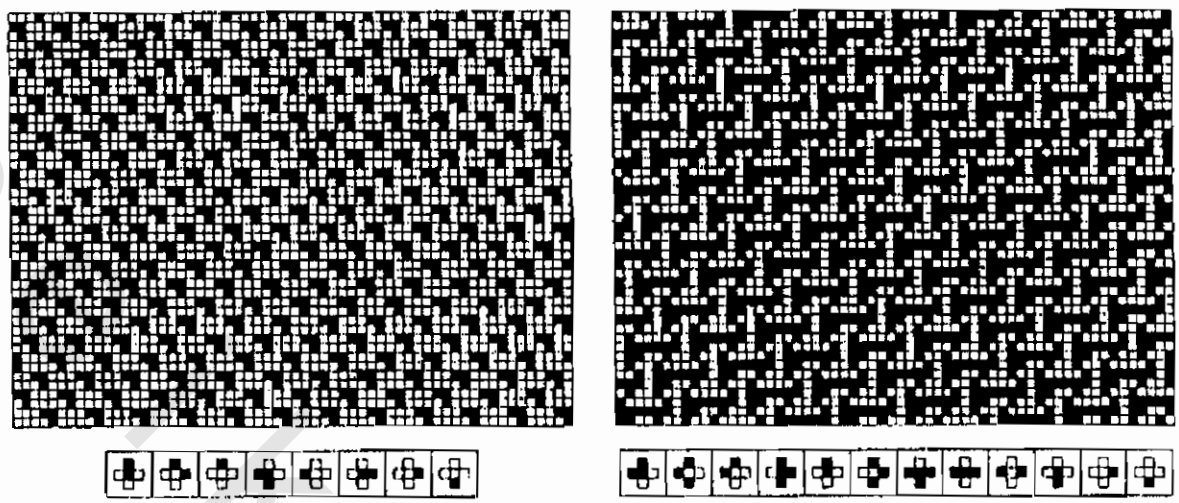
obeikandl.com

حين نشترط وجود خلية مجاورة سوداء واحدة ضمن الخلايا الأربع المجاورة لأى خلية . كما نرى يحوى الشكل رسوما تكرارية فقط .

فى شكل (١٠١) نورد رسوما عديدة لقواعد مختلفة حيث نشترط وجود عدد معين من الخلايا البيضاء والسوداء مجاورة لكل خلية . كما نرى نحصل على أشكال متعددة لكنها كلها تكرارية ولا تظهر أى سلوك معقد .

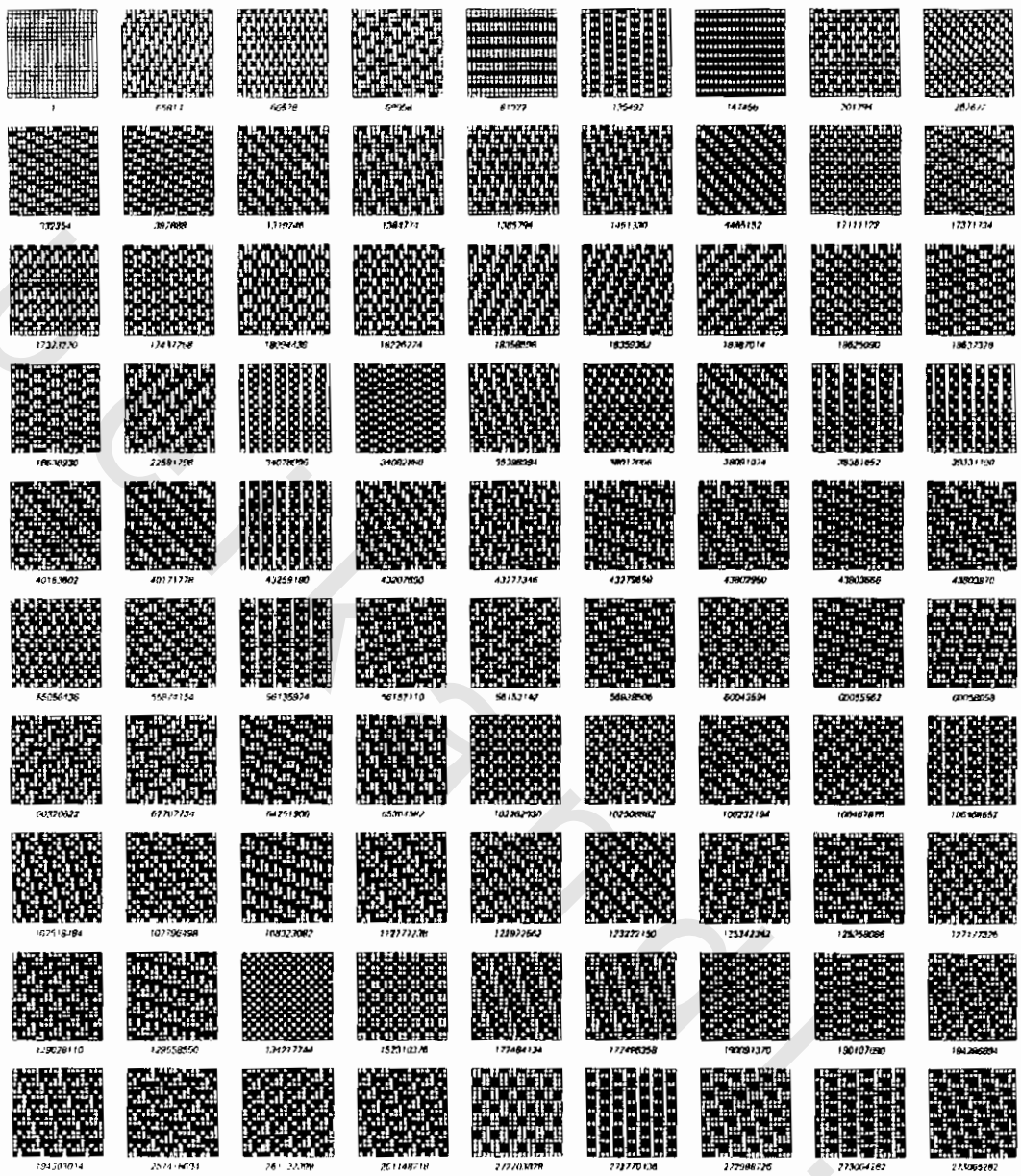


شكل (١٠١)

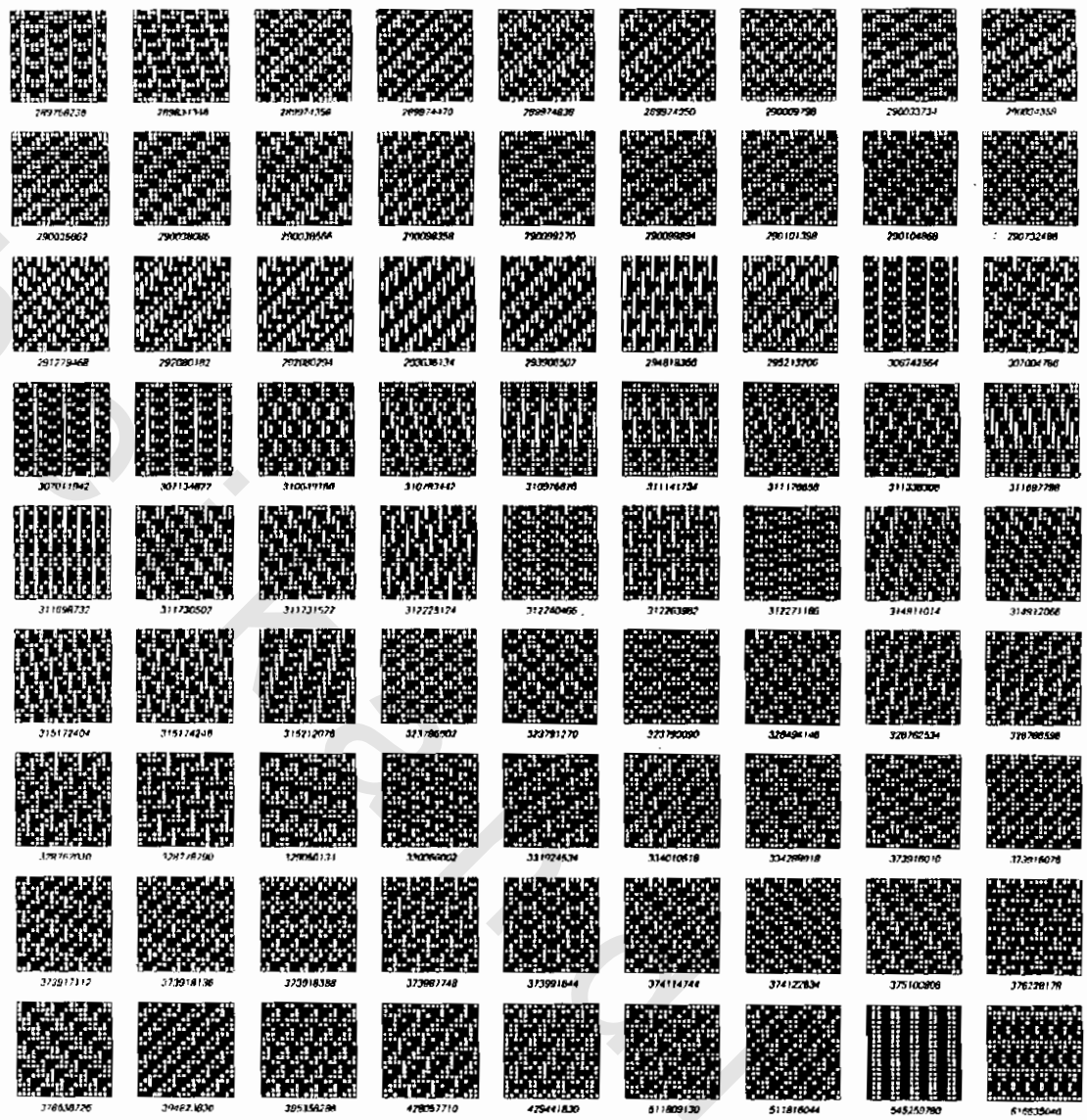


شكل (١٠٢)

سوف نبدأ الآن فى النظر إلى قيود معقدة حتى نرى ما إذا كان سيؤدى هذا إلى سلوك معقد أم لا . كما نرى فى شكل (١٠١) حيث نشترط بعض القيود على لون الخلايا المجاورة لخلية ما ، ليس هناك تعقيد شديد فى السلوك وجد أنه يوجد ٤,٢٩٤,٩٦٧,٢٩٦ مجموعة من هذه الأنماط القياسية . من هذا العدد الهائل من الأنماط الممكنة يوجد ٧٦٦,٩٧٩,٠٤٤ نمطا تؤدى إلى قيود لا يمكن تحقيقها فى أية شكل أو رسم . ولكن من الأنماط ٣,٥٢٧,٩٨٨٢٥٢ المتبقية يمكن تحقيق كل منها بأشكال تكرارية بسيطة . فى الواقع وجد أن عدد الأشكال التكرارية المطلوبة هو عدد صغير : أى أنه لأى قيد إذا أمكن لصورة ما أن تحققه فإن أحد الأشكال المبينة فى شكلى (١٠٣) ، (١٠٤) سوف تكون كافية تماماً لذلك.



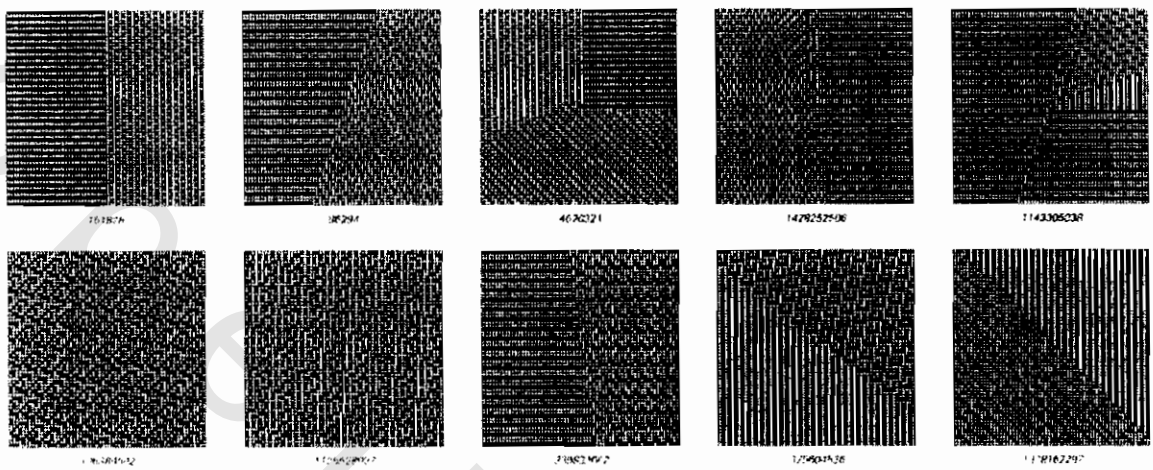
شكل (١٠٣)



شكل (١٠٤)

ولكن كيف يمكن أن نُدخل قسرا سلوكا شديد التعقيد فى مثل هذه النظم ؟

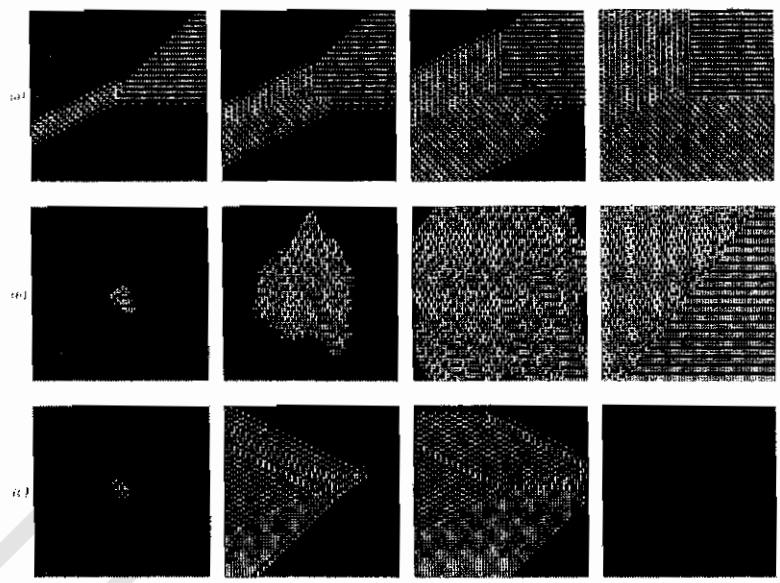
يمكن أن يتأتى هذا بأن نشترط ظهور مجموعة من الأنماط حتى فى بعض المناطق المنفصلة كما هو مبين فى شكل (١٠٥) .



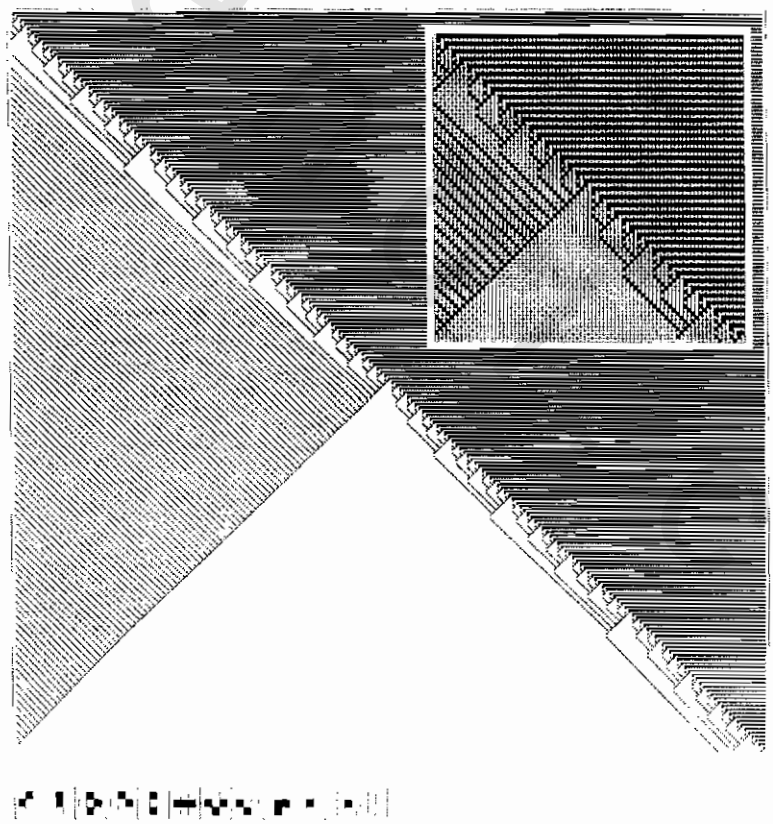
شكل (١٠٥)

فـى النهاية توصلنا إلى أنه مـن المستحيل تقـريباً أن نتوقع سلوكا ما معقدا طالما يخضـع النظام لقيود مـن أى نوع . هناك طريقـة مباشرة لإنجـاز كل الأشكال الممكنة لقيد ما ثم نرى ما هى درجة التعقيد التى تظهر ، لكن مثل هذه الطريقـة تؤدى إلى عدد فلكى مـن الأشكال وبالتالى هـذه الطريقـة غير عملية على الإطلاق .

لكن يمكن أن نحصل على شكل تكرارى ثم نشترط وجود أشكال أخرى فى مناطق معينة الرسوم المبينة فى شكلى (١٠٦) ، (١٠٧) تبين مثل هذه النظم .



شكل (١٠٦)



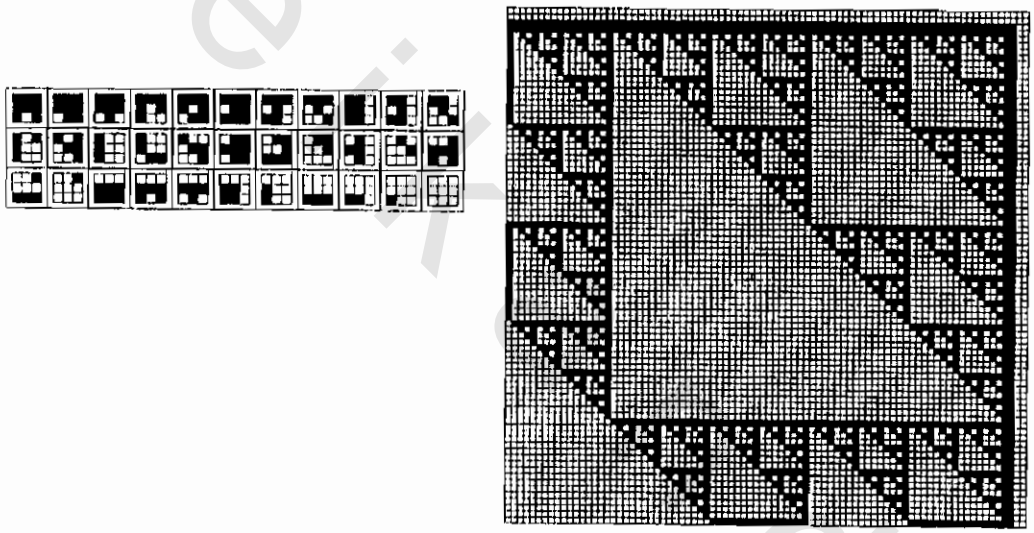
شكل (١٠٧)

ولكن كيف نحصل على سلوك أكثر تعقيداً ؟

عموما هناك ١٣٧,٤٣٨,٩٥٣,٤٧٢ قيد مثل التى أوردناها فى شكل (١٠٥) . من ملايين القيود التى درستها لم يؤد أى منها إلى سلوك أكثر تعقيداً.

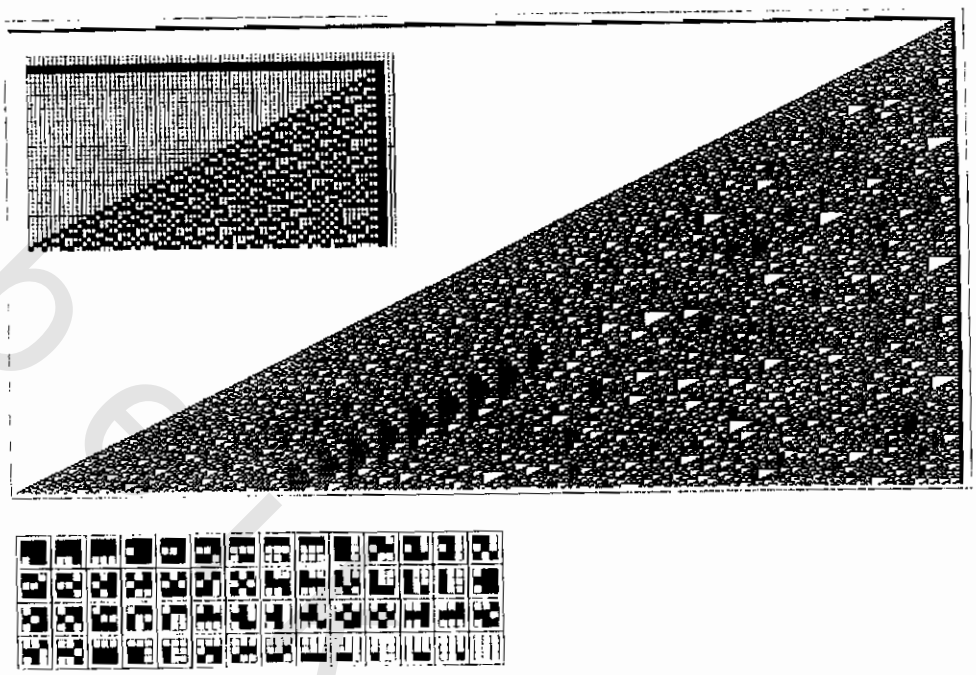
تكمن الفكرة الأساسية فى اللجوء إلى ٣ × ٣ خلية فى مجموعة بما فيها الخلايا المجاورة من ناحية القطر (diagonal) .

فى شكل (١٠٨) نورد أشكالا من هذا النوع



شكل (١٠٨)

لنحاول أن نحصل على سلوك أكثر تعقيداً ، حيث نُدخل قسرا بعض الأشكال العشوائية حيث نشترط أن نقحم فقط ٥٦٣ × ٣ نمطا موضحة فى شكل (١٠٩) بحيث تظهر هذه الأنماط عشوائياً فى أماكن مختلفة فى الصورة التى نحصل عليها.



شكل (١٠٩)

نخلص من كل ما سبق إلى خلاصة هامة جداً ألا وهى أنه بما أن العلم التقليدى يعتمد على المعادلات الرياضية التى تمثل قيوداً لم تكن لذلك لتؤدى إلى سلوك شديد التعقيد ، ولذا لم تُكتشف هذه الأنواع من النظم شديدة التعقيد فى العلم التقليدى وهذه سمة أساسية فى الإطار الذى يحكم نمط الفكر فى العلم التقليدى ، أو ربما يكون هذا سبب إضافى يفسر فشل العلم التقليدى فى التعرض للسلوك شديد التعقيد وهو الظاهرة الأساسية التى نهتم بدراستها فى هذا الكتاب .