

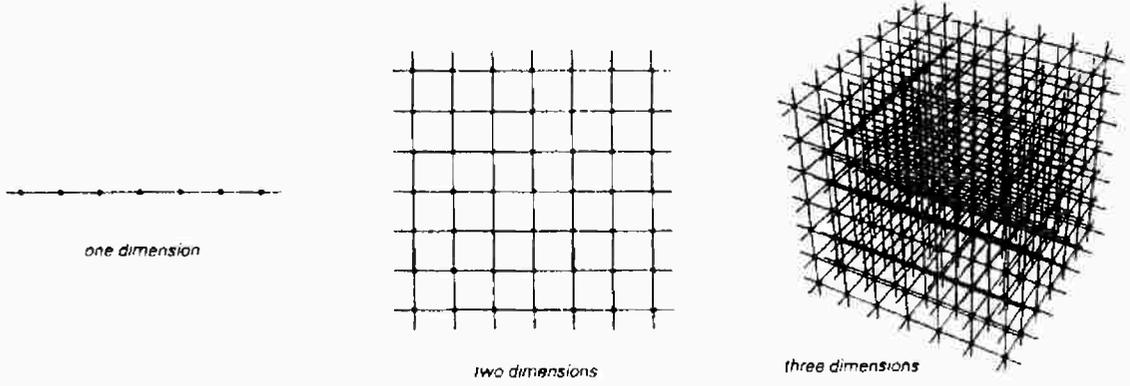
الباب الخامس

النظم ثنائية الأبعاد وأكثر

Two Dimensions and Beyond

مقدمة :

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



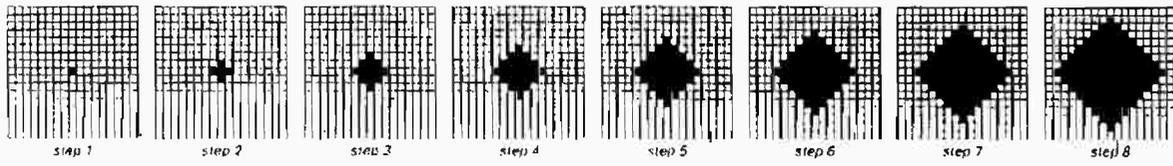
شكل (٧١)

في شكل (٧٢ أ ، ب ، ج) نورد رسوما تخطيطية لكيفية تطور برنامج بسيط

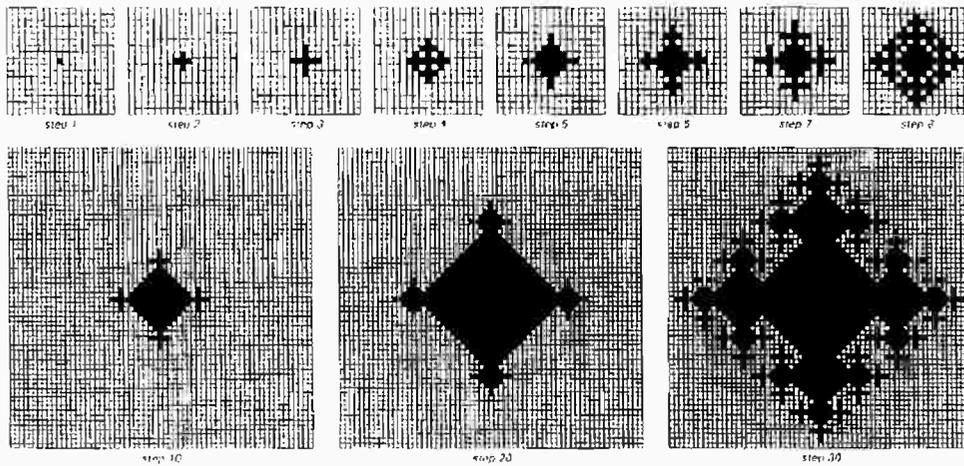
الآتوماتا الخلية :

في بعدين وثلاثة أبعاد .

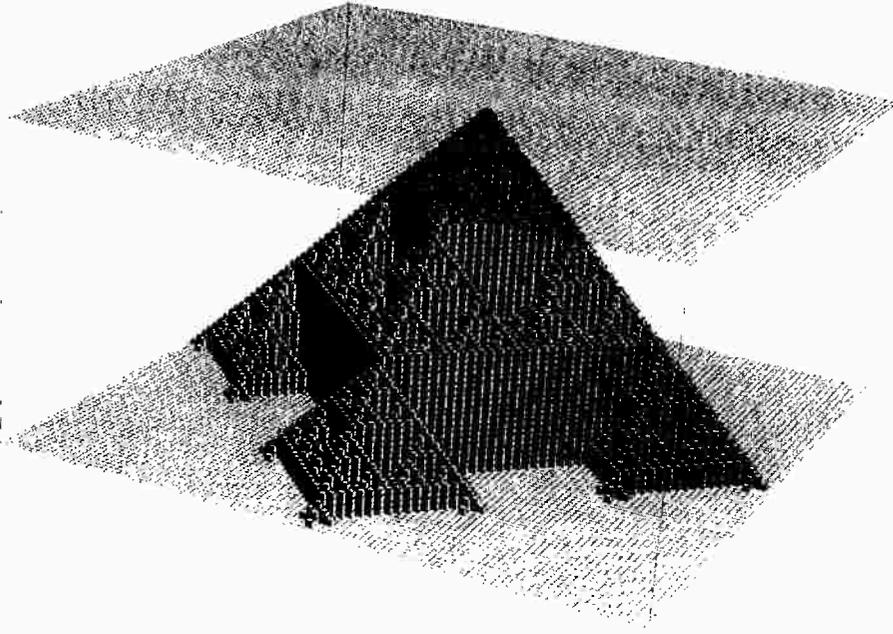
Cellular Automata



شكل (٧٢) قاعدة (1002)

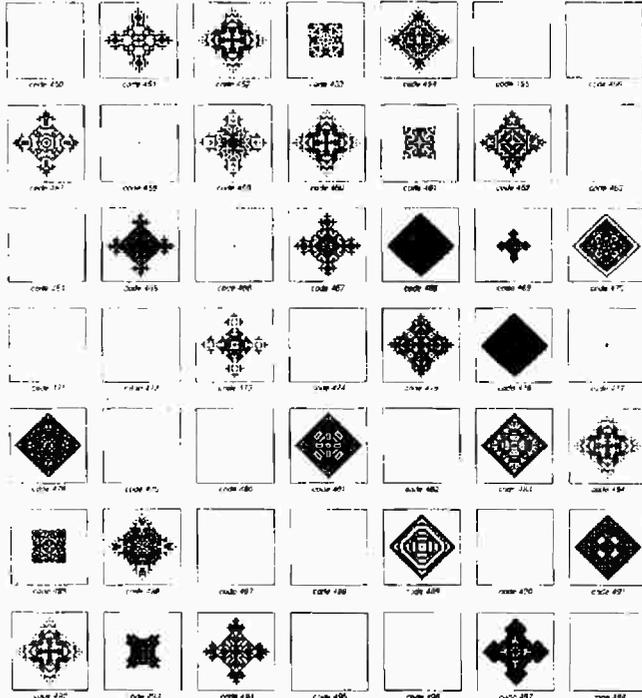


شكل (٧٢) قاعدة (٩٤٢)

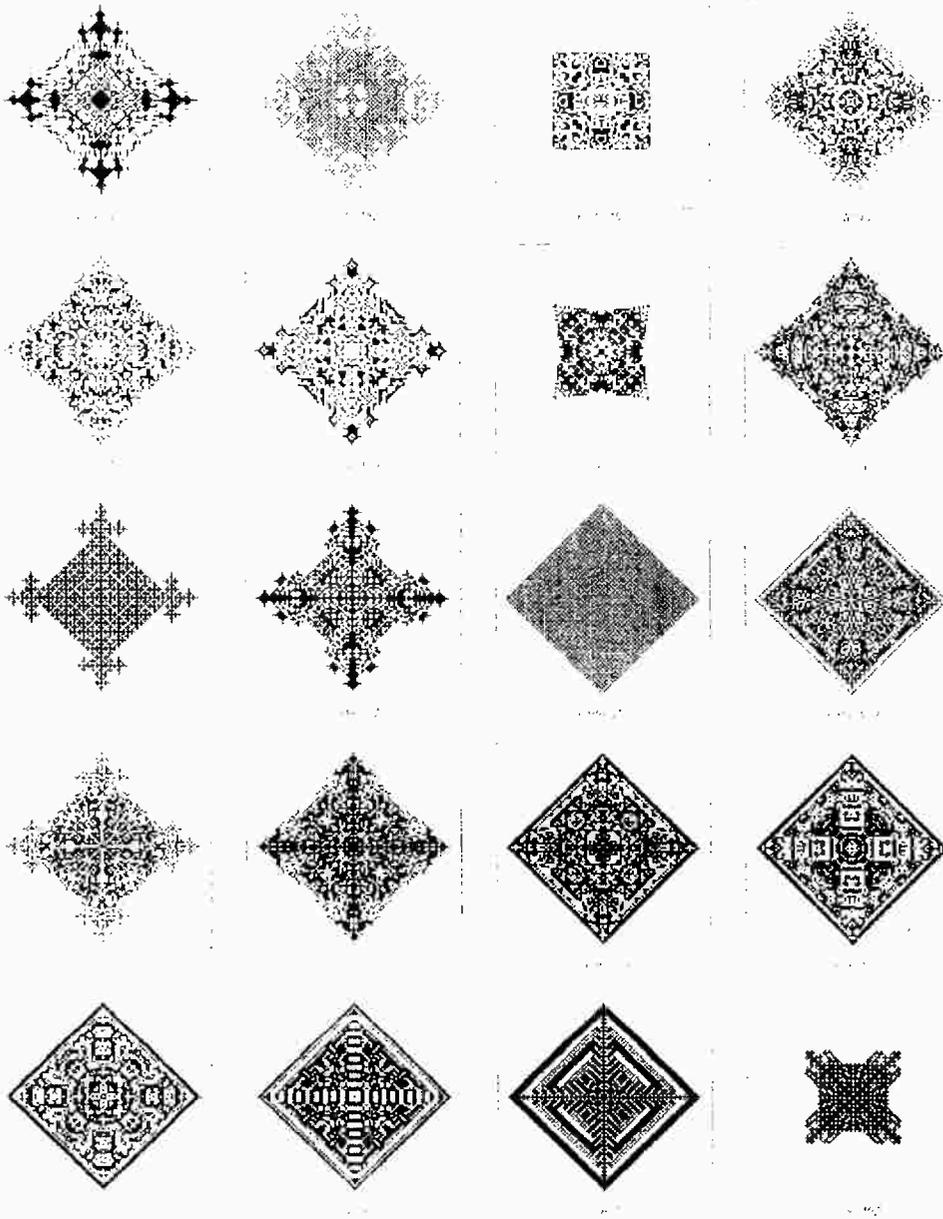


شكل (٧٢ ج) قاعدة

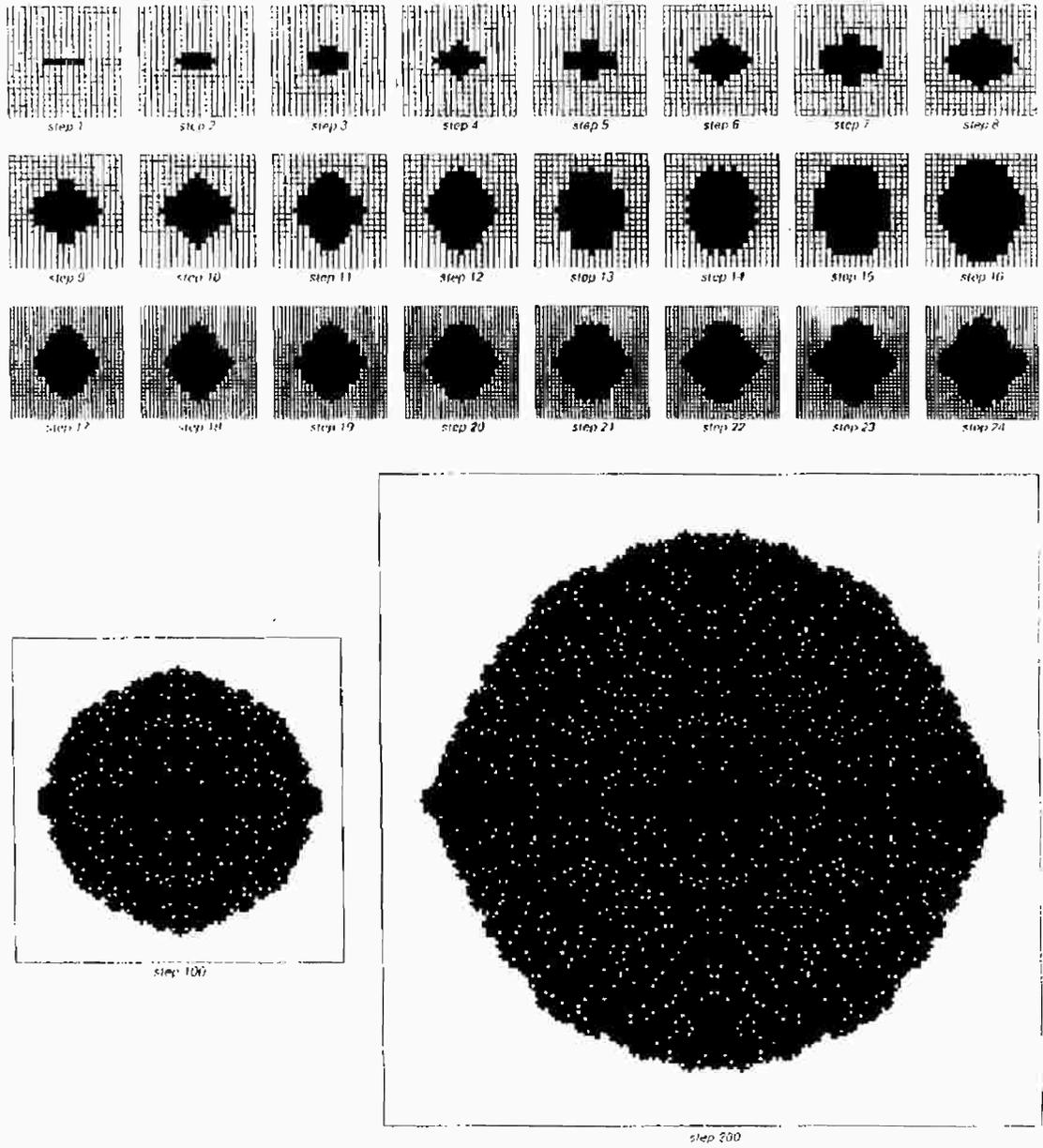
في شكل (٧٣) نورد رسوما عديدة حيث نبين القاعدة المتبعة مع كل رسم ،
وذلك بعد ٢٢ خطوة . شكل (٧٤) نورد نفس الرسوم ولكن بعد ٤٤ خطوة .



شكل (٧٣)



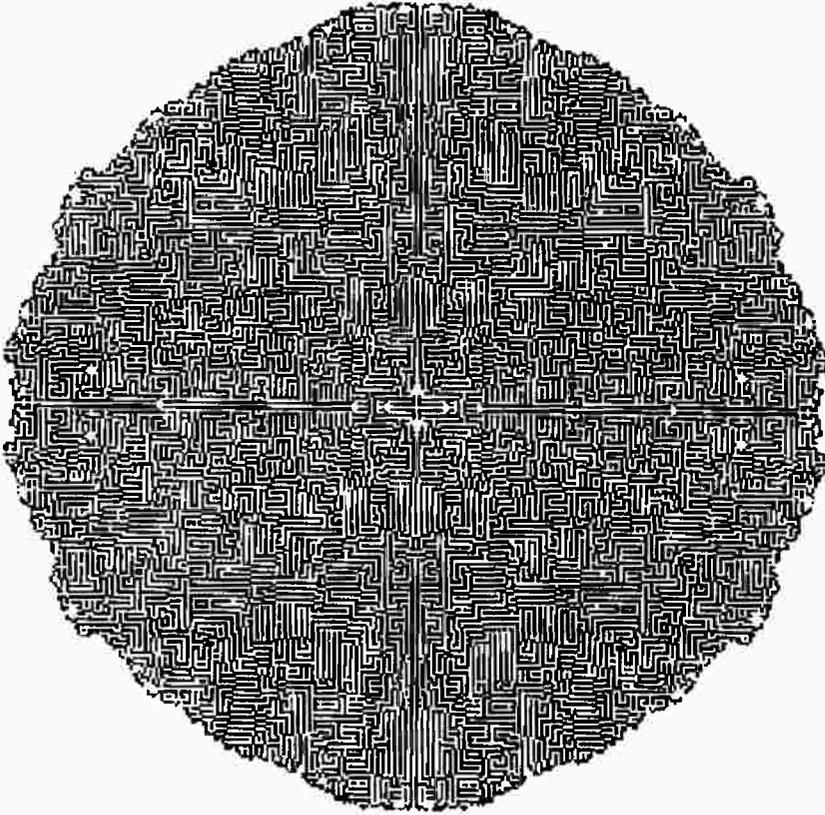
شكل (٧٤)



شكل (٧٥) قاعدة (١٧٥٨٥٠)

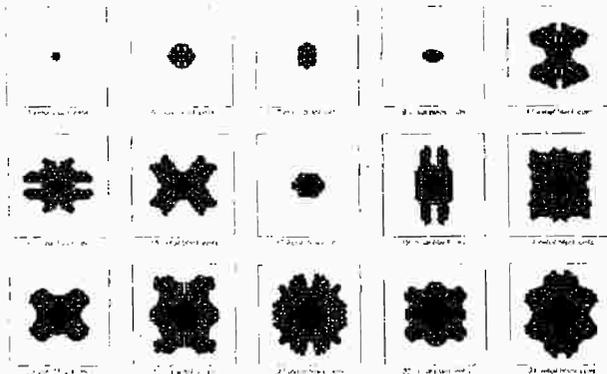
في شكل (٧٥) نورد رسوما توضح كيفية الحصول على سطح خارجي خشن بعد ٢٤ خطوة مع تغيير بسيط في القاعدة المتبعة باعتبار كل الخلايا المجاورة ، بدءاً بمجموعة من سبع خلايا سوداء . الصورة الأخيرة تم الحصول عليها بعد مائتي خطوة .

في شكل (٧٦) نورد رسماً يبين تطور أوتوماتون خلوي في بعدين بدءاً بسبع خلايا سوداء وبعد أربعمئة خطوة .



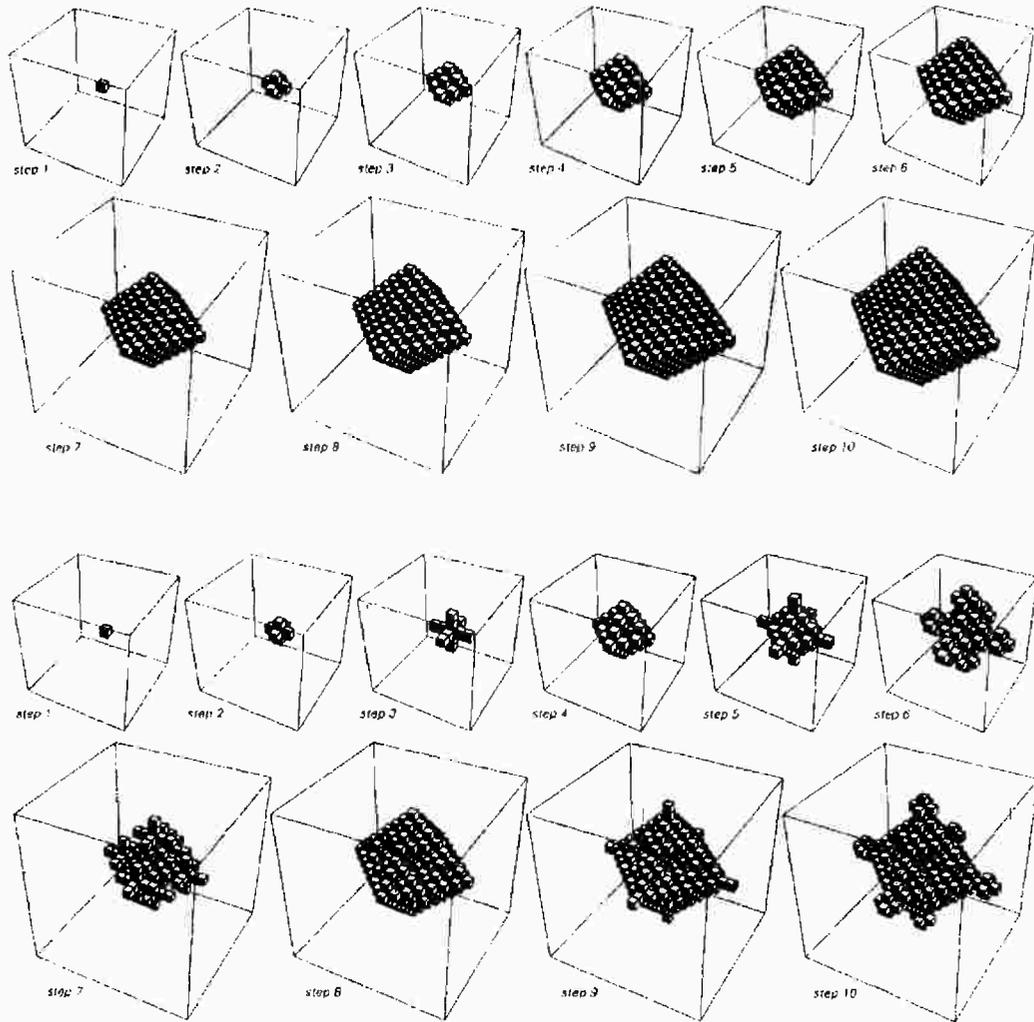
شكل (٧٦)

في شكل (٧٧) نورد رسماً يبين عدة صور نهائية لتطور أوتوماتون خلوي حسب القاعدة (١٧٤٨٢٦) مع تغيير عدد الخلايا الأولية التي نبدأ بها .

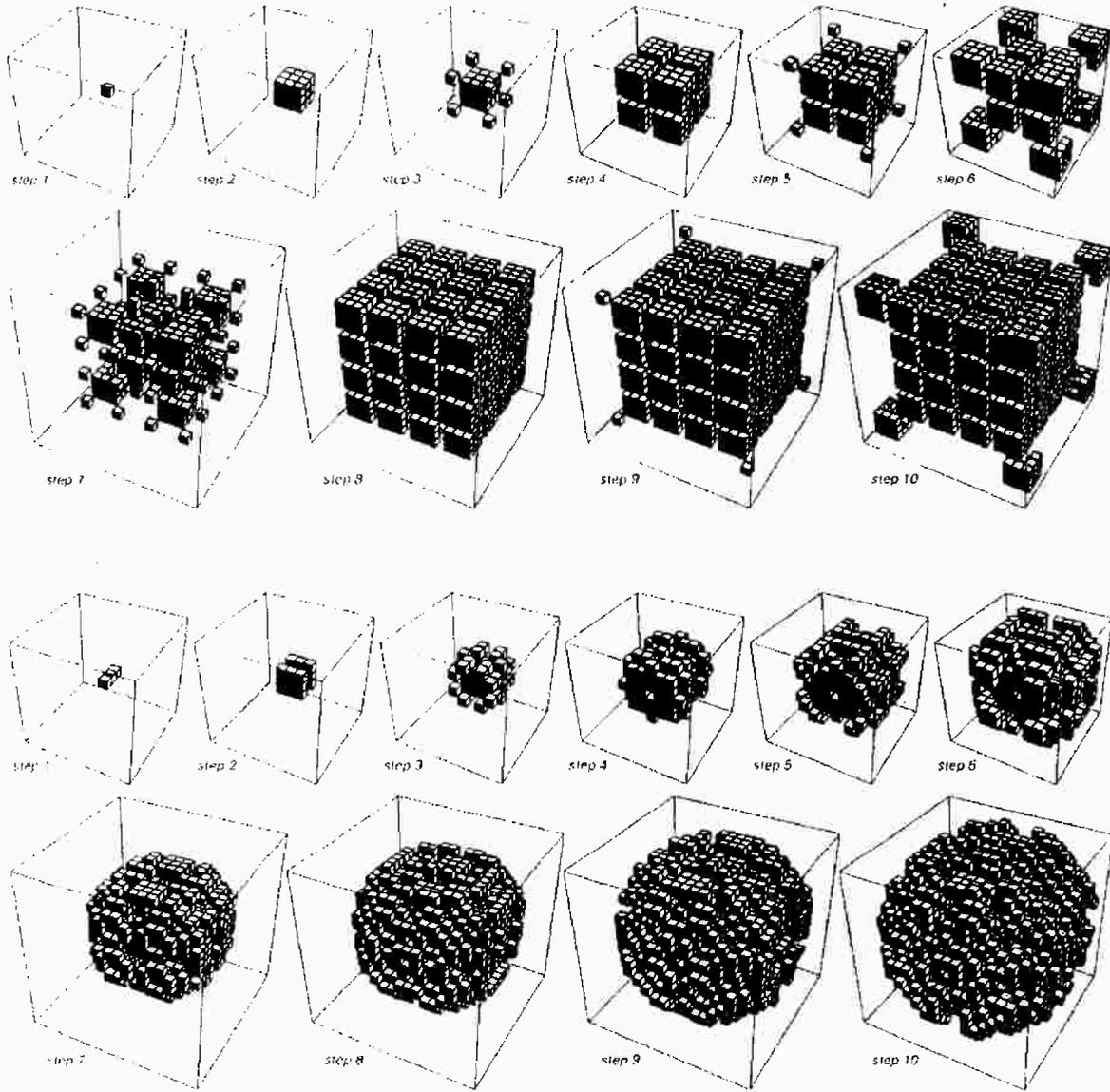


شكل (٧٧)

في شكل (٧٨ أ ، ب) نورد صوراً لأوتوماتون خلوي ثلاث الأبعاد (مناظرة لشكل ٧٢). في شكل (٧٨ ب).



شكل (٧٨)



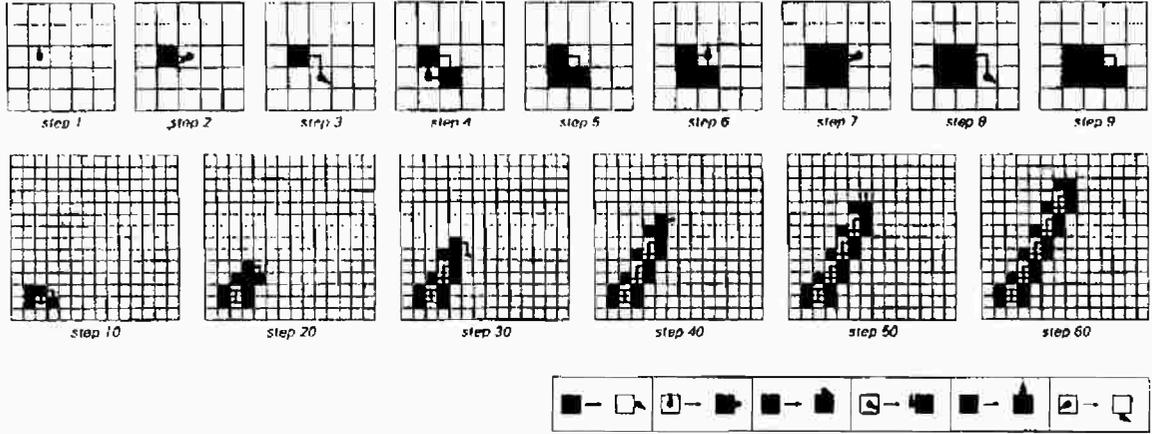
شكل (٧٨) ب

نأخذ في الاعتبار لون ٢٦ خلية مجاورة .

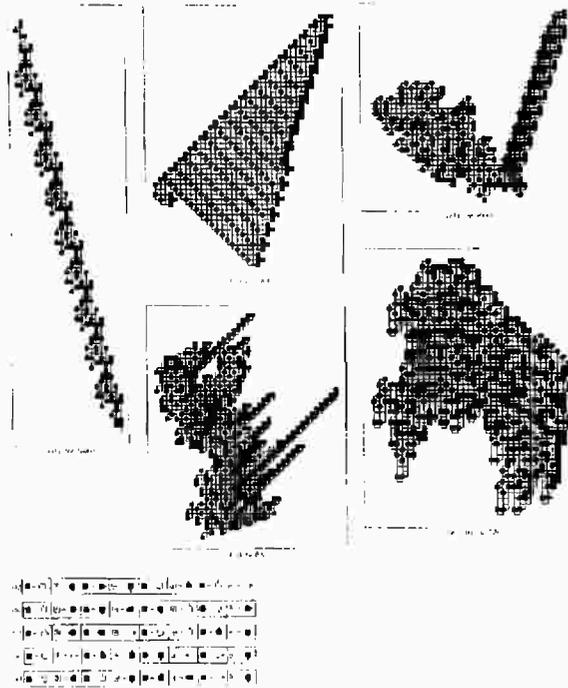
آلات تورينج :

يمكن كما أردنا بالنسبة للأوتوماتا الخلوية أن نعمم نفس هذه الطرق بالنسبة لآلات تورنج . الفارق هنا ينحصر فقط في أن آلات تورنج سوف تتحرك في الاتجاهين بدلا من التحرك للأمام والخلف في بعد واحد .

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



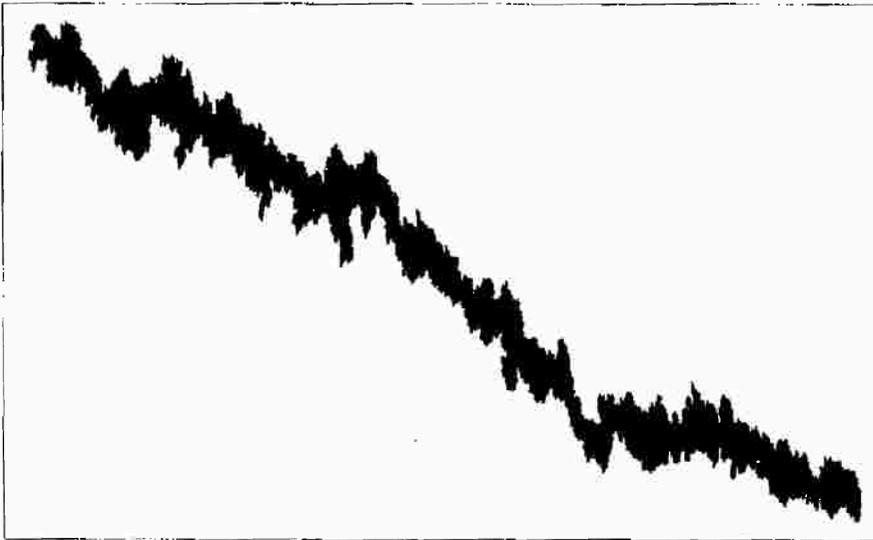
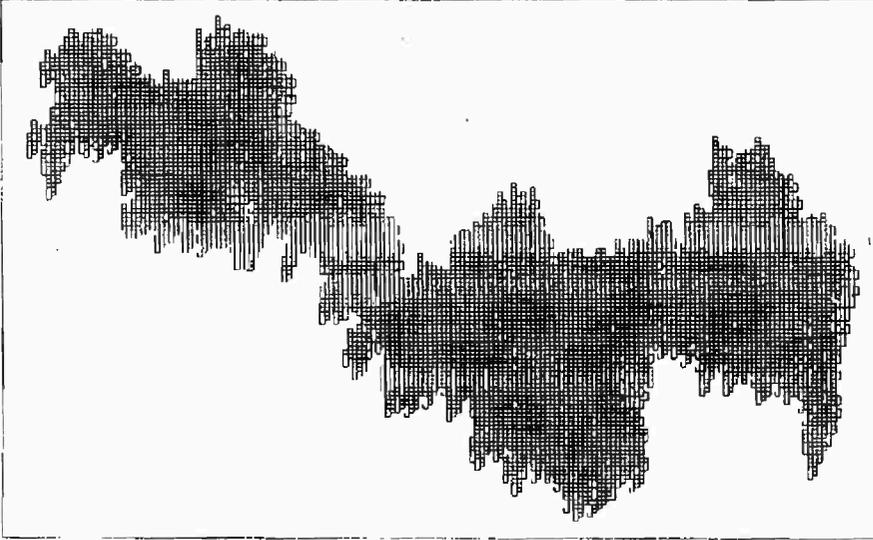
شكل (٧٩)



شكل (٨٠)

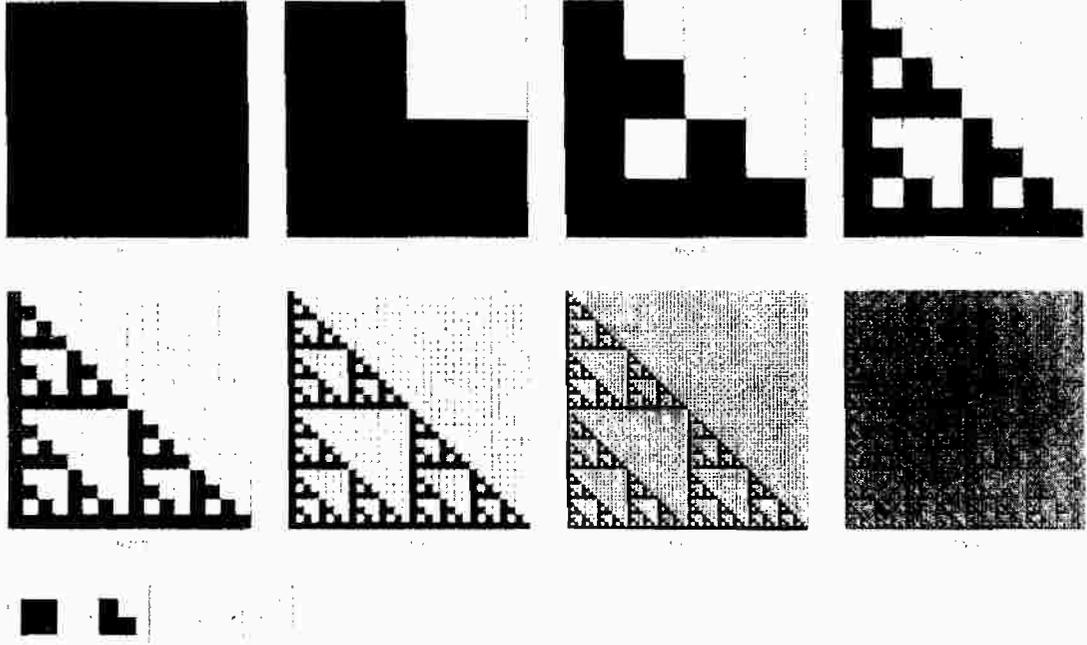
يتشابه سلوك آلات تورنج في بعدين مع سلوكها في بعد واحد ولا تظهر السلوك المعقد إلا نادراً .

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



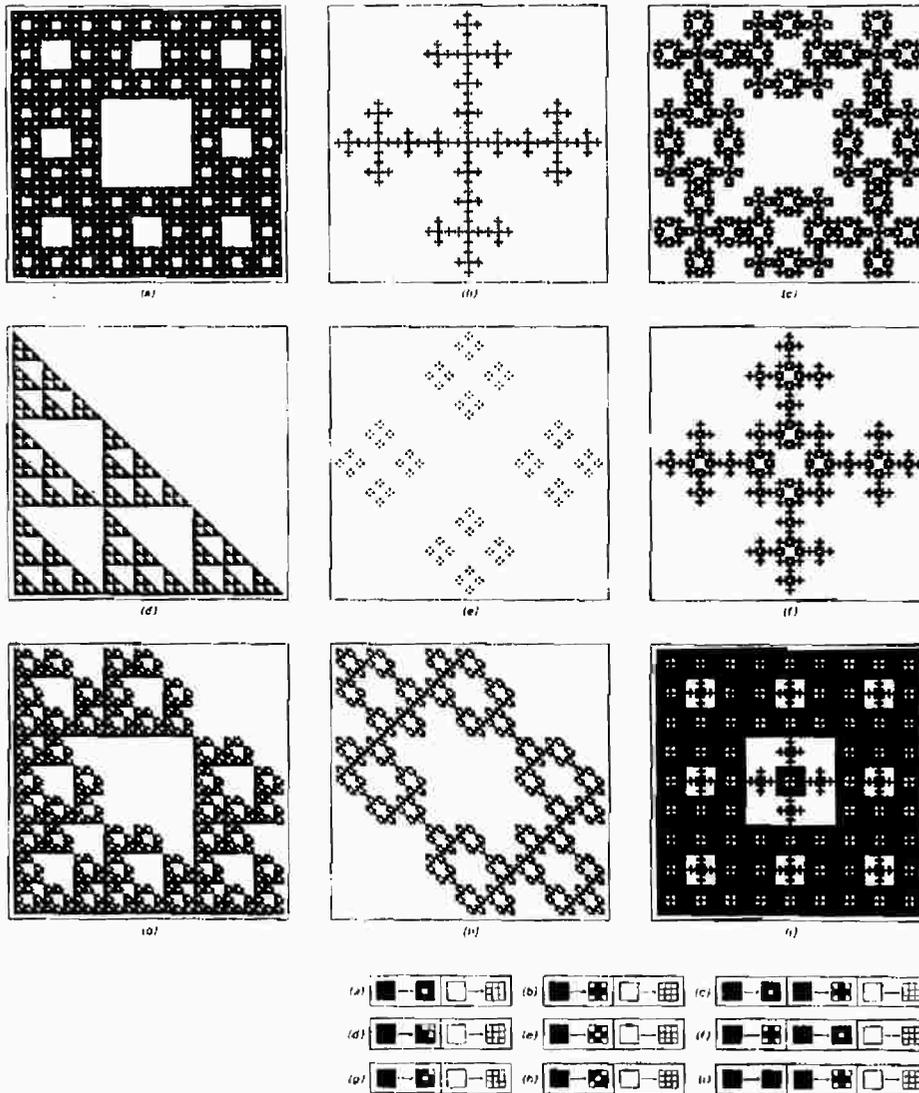
شكل (٨٠ ب)

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

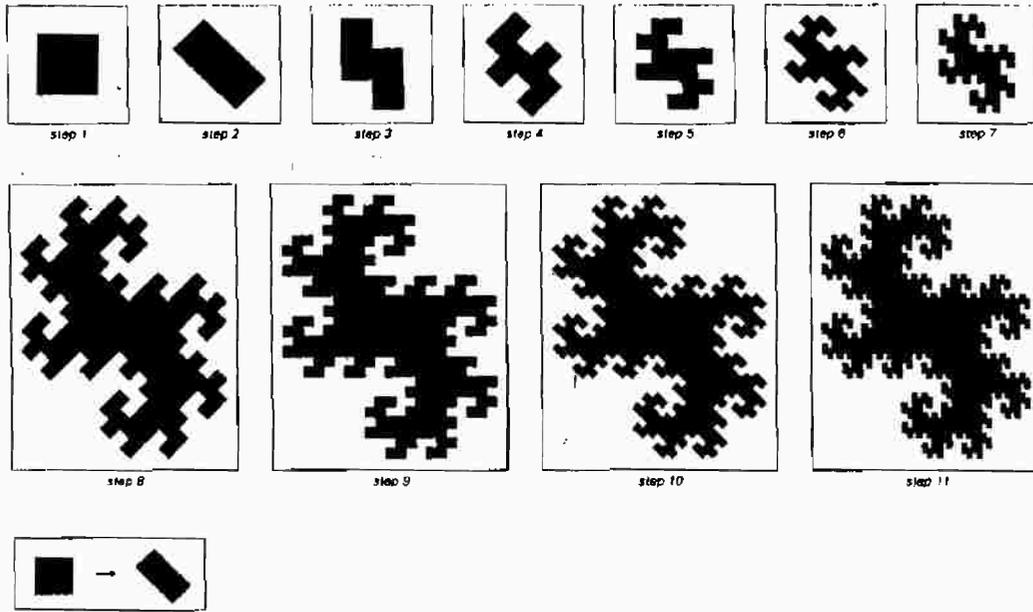


شكل (٨١)

في شكل (٨٢ ، ٨٣) نورد رسوما توضح سلوكا أعقد لنظم استبدال ثنائية البعد . كما نرى يحدث تداخل وذلك نظراً لأن كل مربع أسود ينقسم لعدة خلايا سوداء أيضاً - الخلاصة أننا نحصل على أشكال غريبة بعض الشيء ولكنها منتظمة. ولكن الفكرة العامة عن بناء أشكال باستخدام قواعد هندسية بشكل تكرارى هي أساس ما يسمى بالهندسة الكسرية .

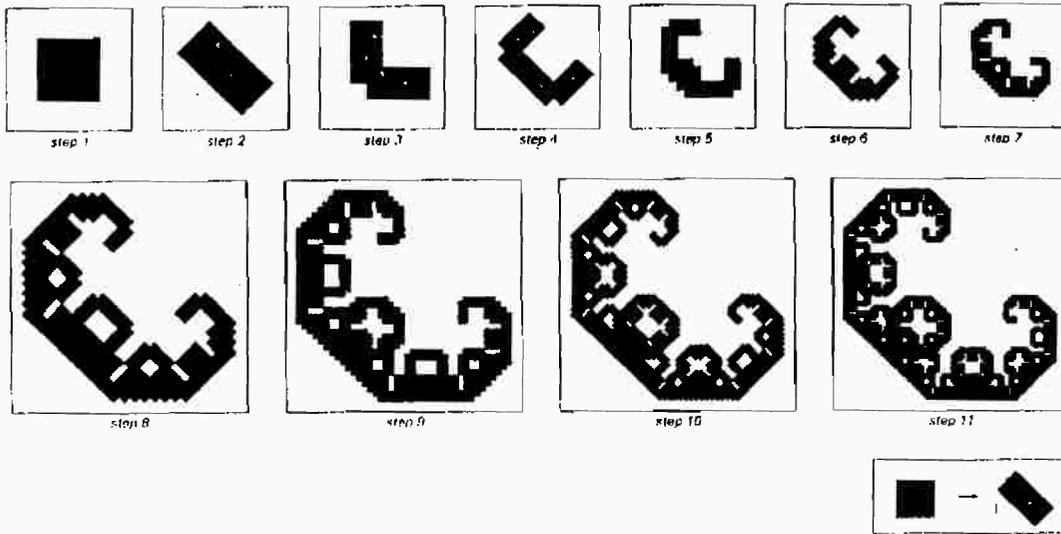


شكل (٨٢)



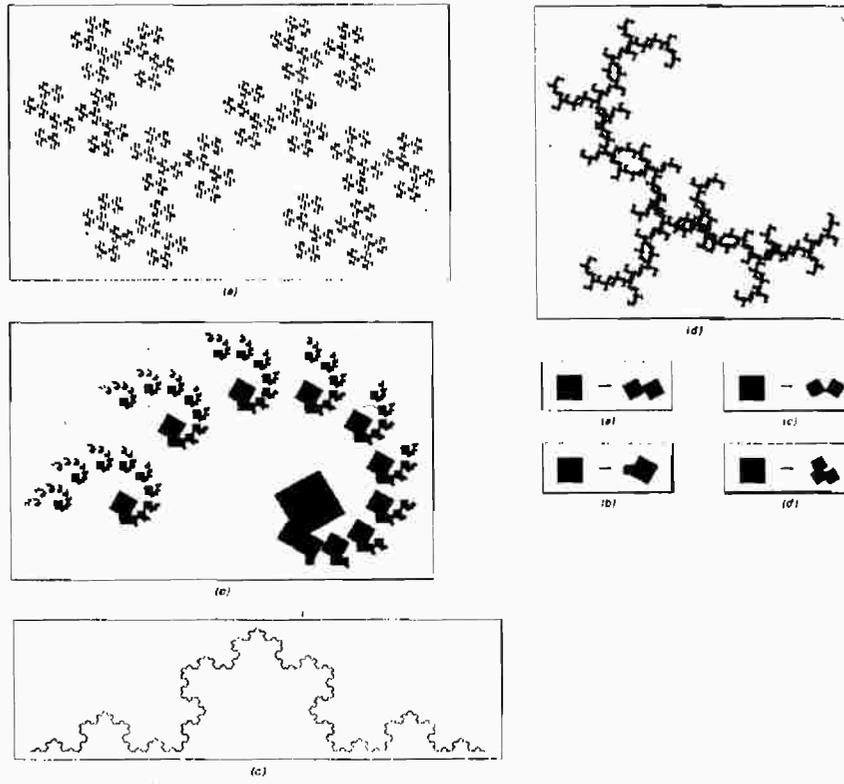
شكل (٨٣)

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

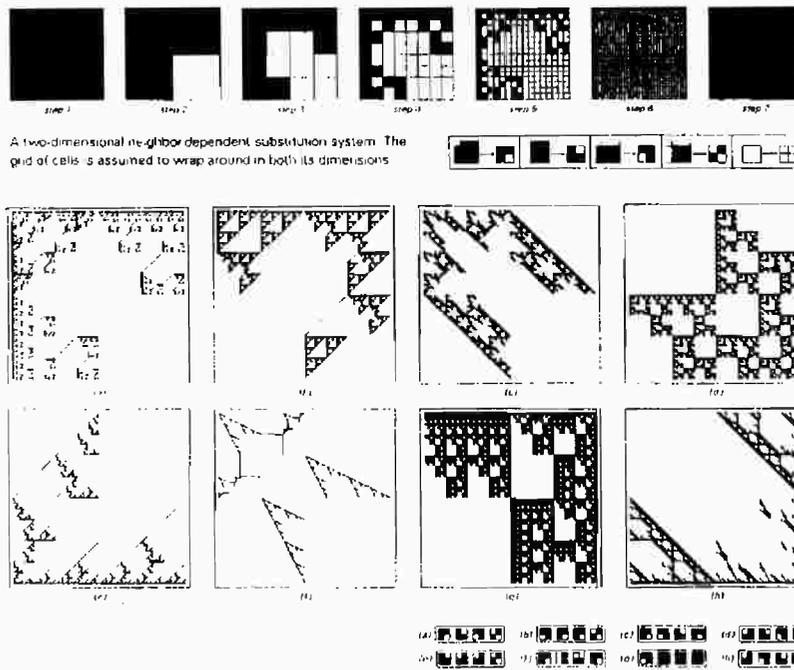


شكل (٨٤)

في شكل (٨٥) نرى رسوما أعقد ، وفي شكل (٨٦) نرى رسوما ذات سلوك شديد التعقيد .



شكل (٨٥)



شكل (٨٦)

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 .

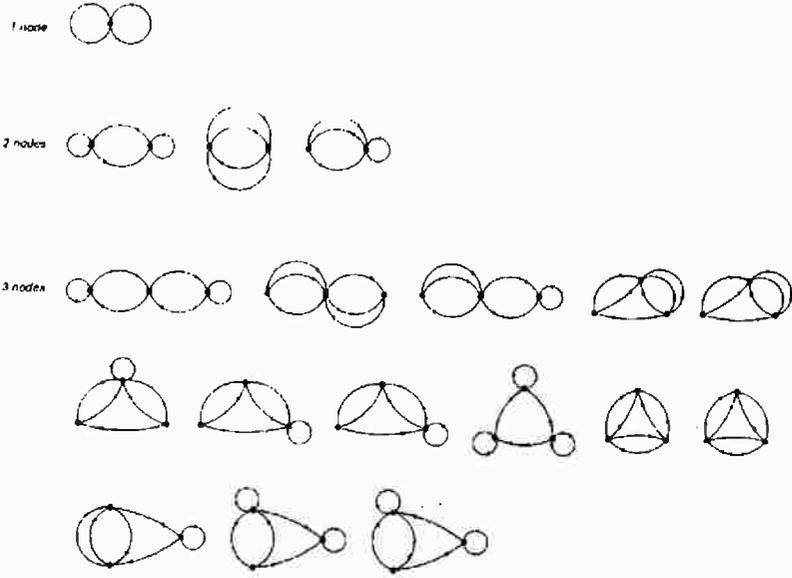
من ناحية المبدأ الشبكات هى عبارة عن مجموعة من العقد مع وجود وصلات بين هذه العقد ، والقواعد التى حسبها نحدد كيف تتغير هذه الوصلات من خطوة لأخرى .

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 توضيحي سليم للشبكة .

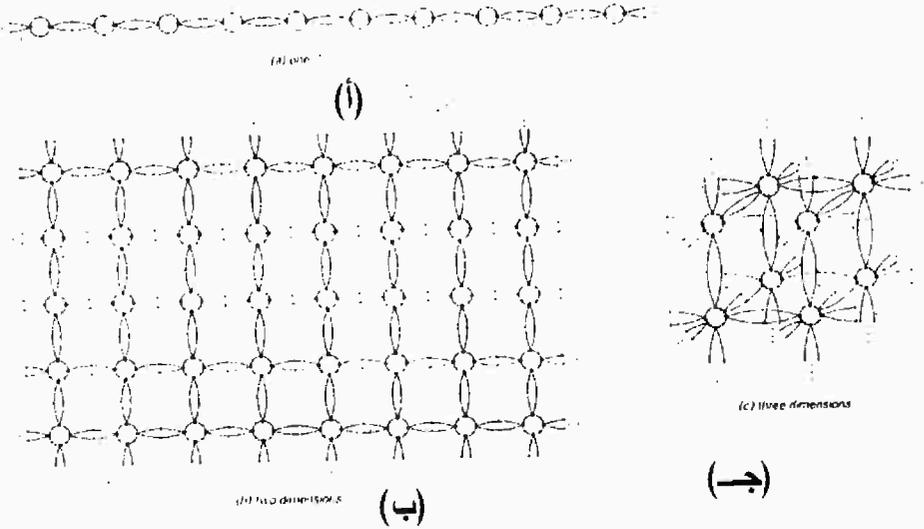
عند وضع تصميم للشبكة نختار للعقدة الواحدة أى عدد من الوصلات التى تأتى منها . وهنا يمكن أن نحدد أن كل عقدة يتصل بها وصلتان خارجتان منها ، إحداها تذهب إلى عقدة أخرى أو تعود مرة أخرى إلى نفس العقدة .

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



شكل (٨٧)

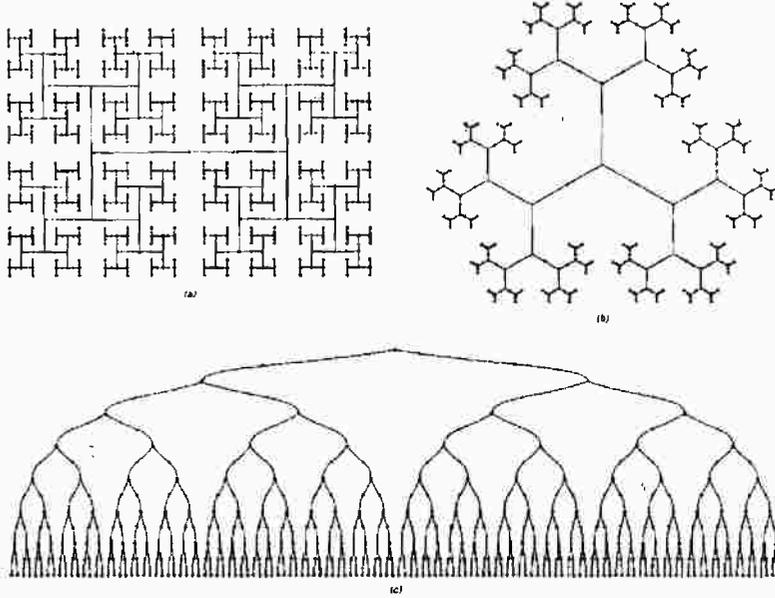
في شكل (٨٨) نورد رسماً لشبكة مبسطة جداً يمكن التعرف على كيفية توصيل العقد بها .



شكل (٨٨، ب، ج)

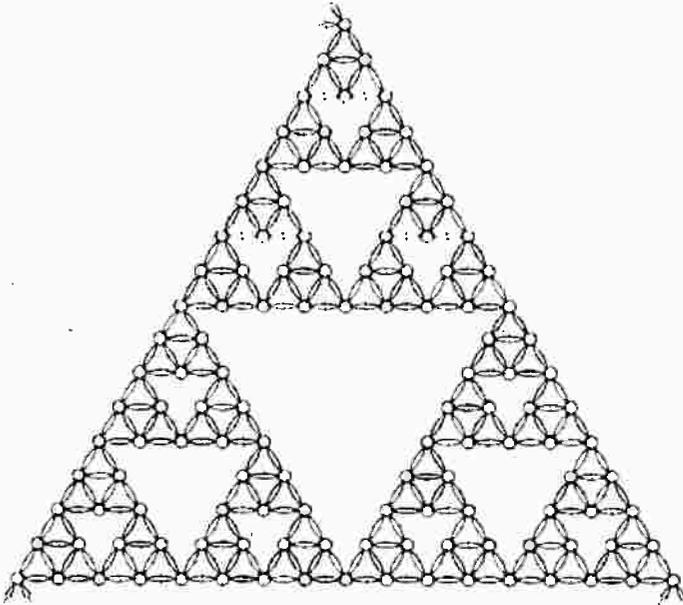
في شكل (٨٨ أ) نرى شبكة ذات بعد واحد ، في شكل (٨٨ ب) شبكة ذات بعدين ، في شكل (٨٨ ج) شبكة ذات ثلاثة أبعاد .

في شكل (٨٩) نرى شبكات تعطي «شجيرات» (trees) وليس صفوفاً (arrays) .



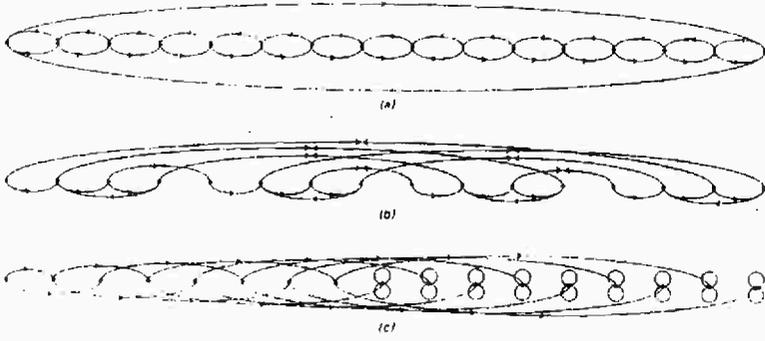
شكل (٨٩)

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



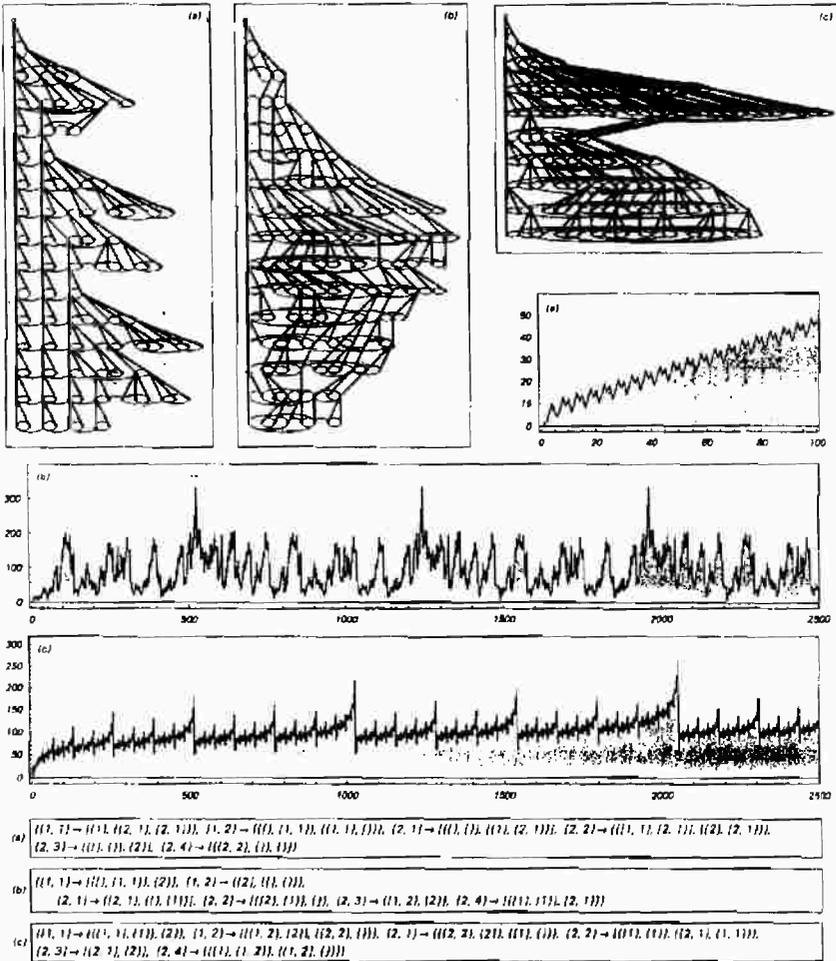
شكل (٩٠)

في شكل (٩١ أ، ب، ج) نعطي أمثلة أخرى تبدو أقل وضوحا لكنها من ناحية المبدأ لا تختلف عن سابقتها من حيث كونها أحادية البعد في شكل (أ) ، ثنائية في شكل (ب) وثلاثية في شكل (ج) .

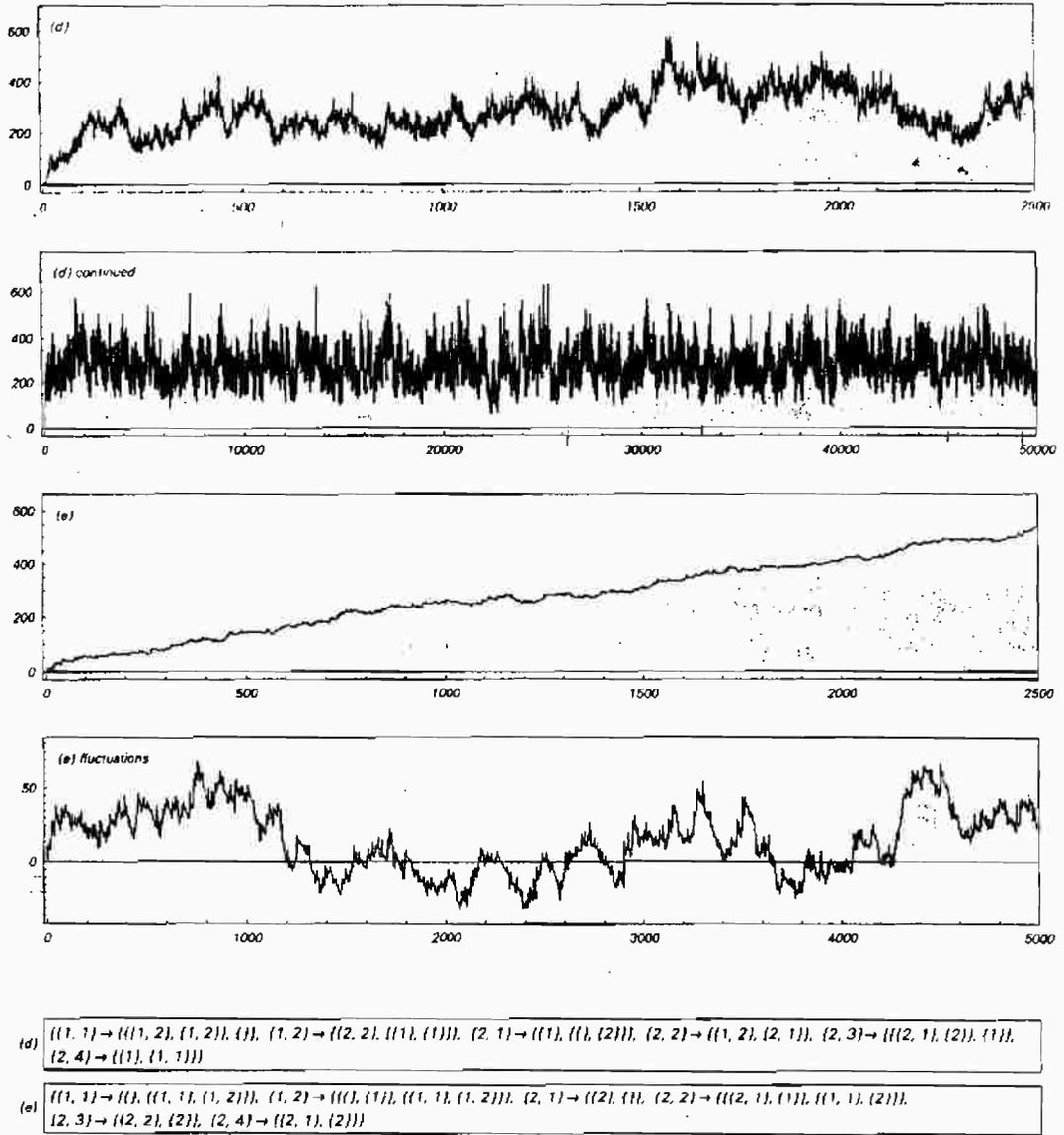


شكل (١٩١) ب، ج، ا

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



شكل (٩٢)



شکل (۹۳)

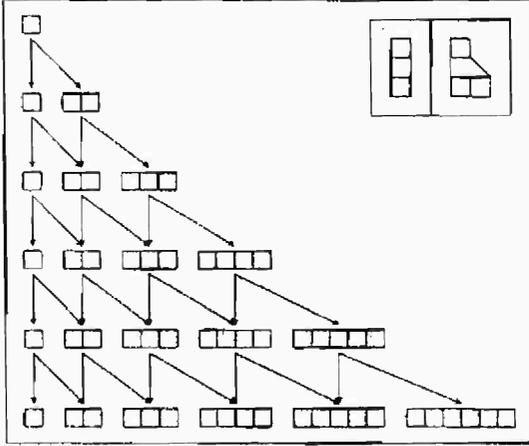
النظم متعددة المسارات

Multiway Systems

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

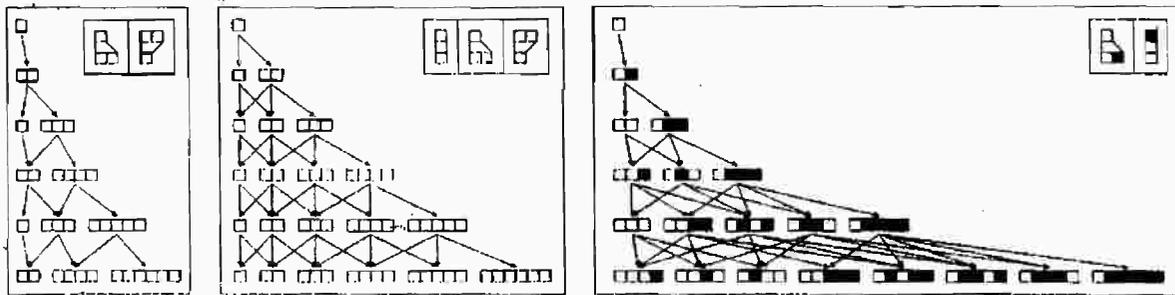
النظم متعددة المسارات هي النظم التي لكل عنصر عدة حالات يمكن أن يتواجد فيها وليس حالة واحدة كما في كل النظم السابقة .

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

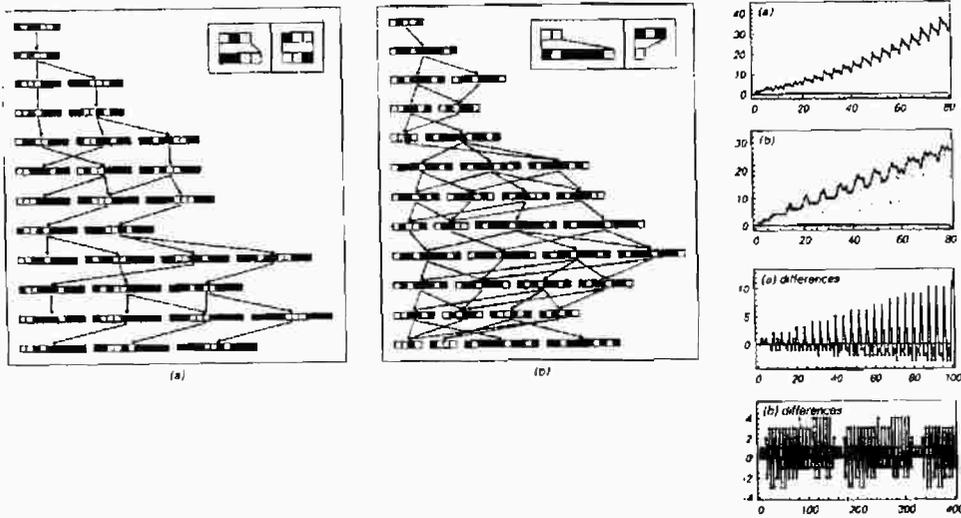


شكل (٩٤)

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

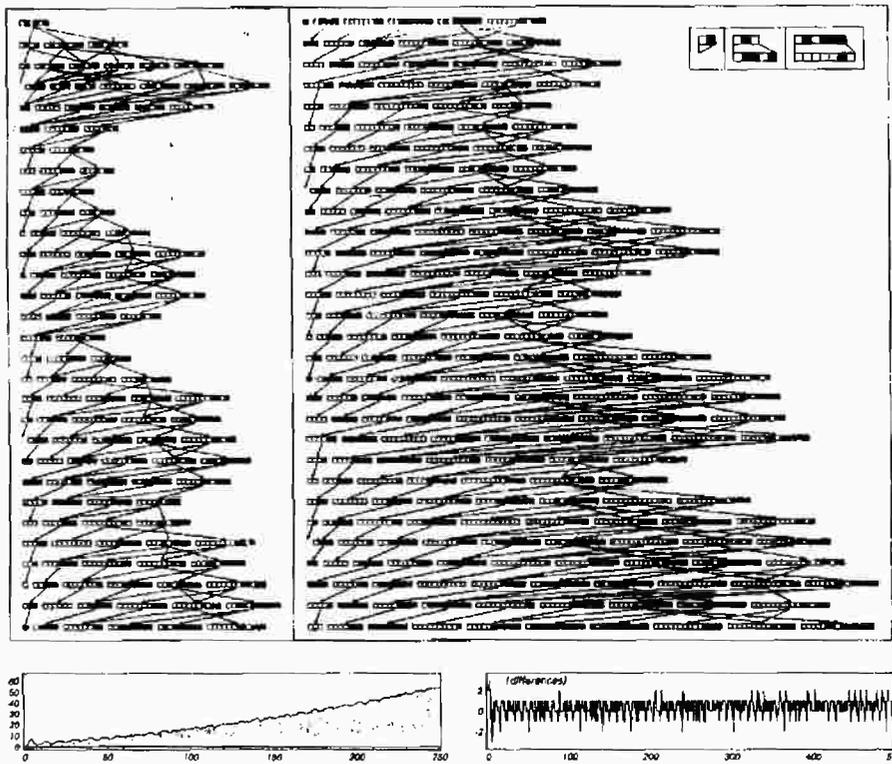


شكل (٩٥)



شكل (٩٥) ب

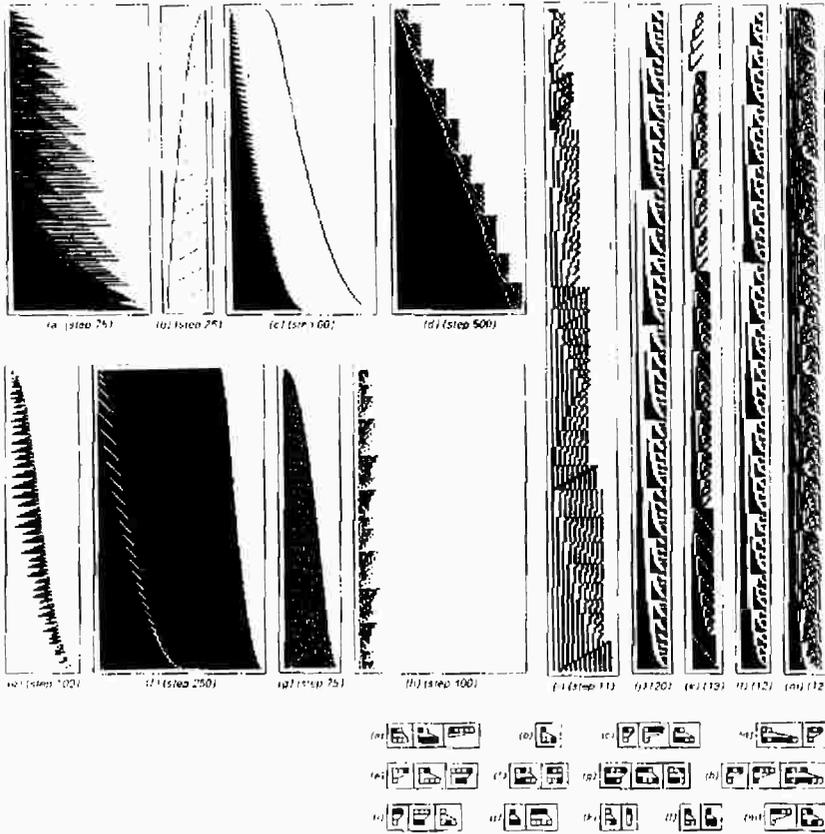
في شكل (٩٦) نرى تعقدا أكبر وتكرارا يحدث كل ١٠٧١ خطوة .



شكل (٩٦)

في شكل (٩٧) نرى أشكالاً شديدة التعقيد رغم أن نمو العناصر يتم بشكل

تدرجى .



شكل (٩٧)

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

في شكل (٩٨) نورد مثلاً لقاعدة أن كل خلية لا بد لها من خلية مجاورة بيضاء وأخرى سوداء .

النظم المبنية على القيود:

Systems Based on Constraints



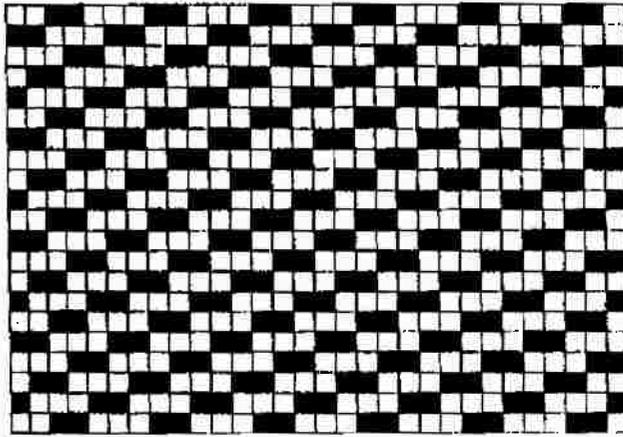
شكل (٩٨)

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



شكل (٩٩)

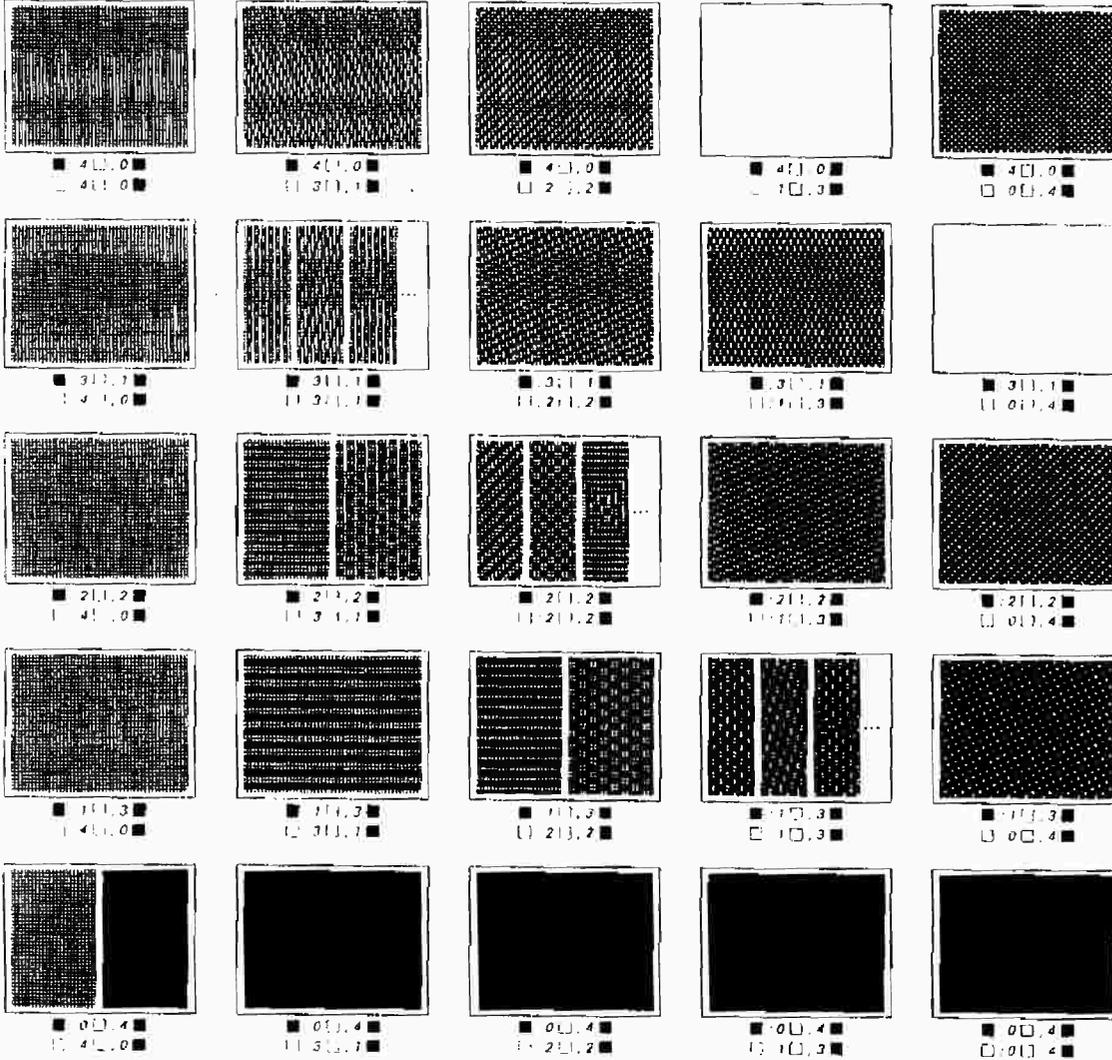
من الواضح أن هذه الأشكال لم تظهر سلوكا معقدا نظراً لأنها أحادية البعد . بالنسبة لهذه النظم في بعدين نورد في شكل (١٠٠) مثالا .



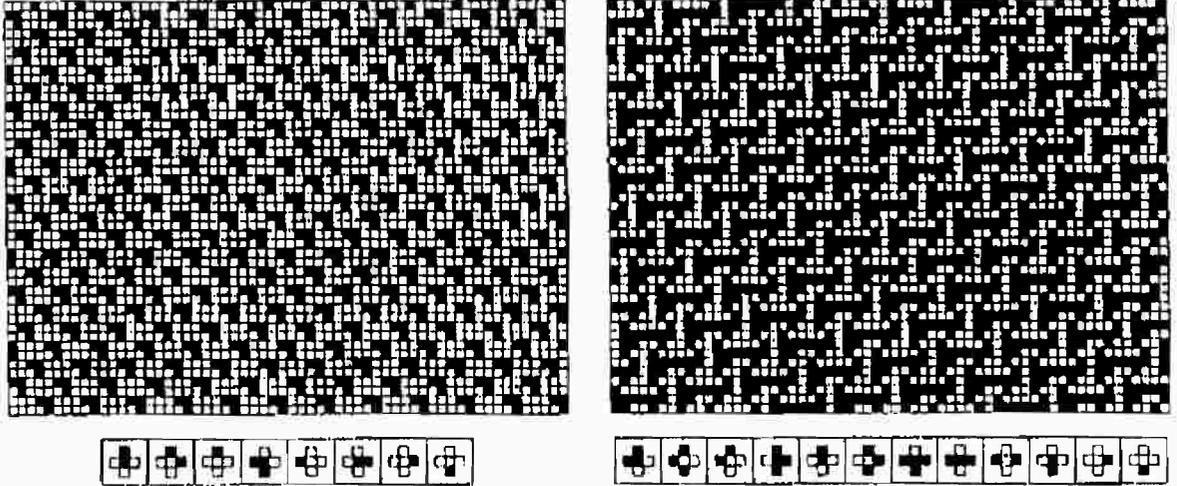
شكل (١٠٠)

حين نشترط وجود خلية مجاورة سوداء واحدة ضمن الخلايا الأربع المجاورة لأي 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 .

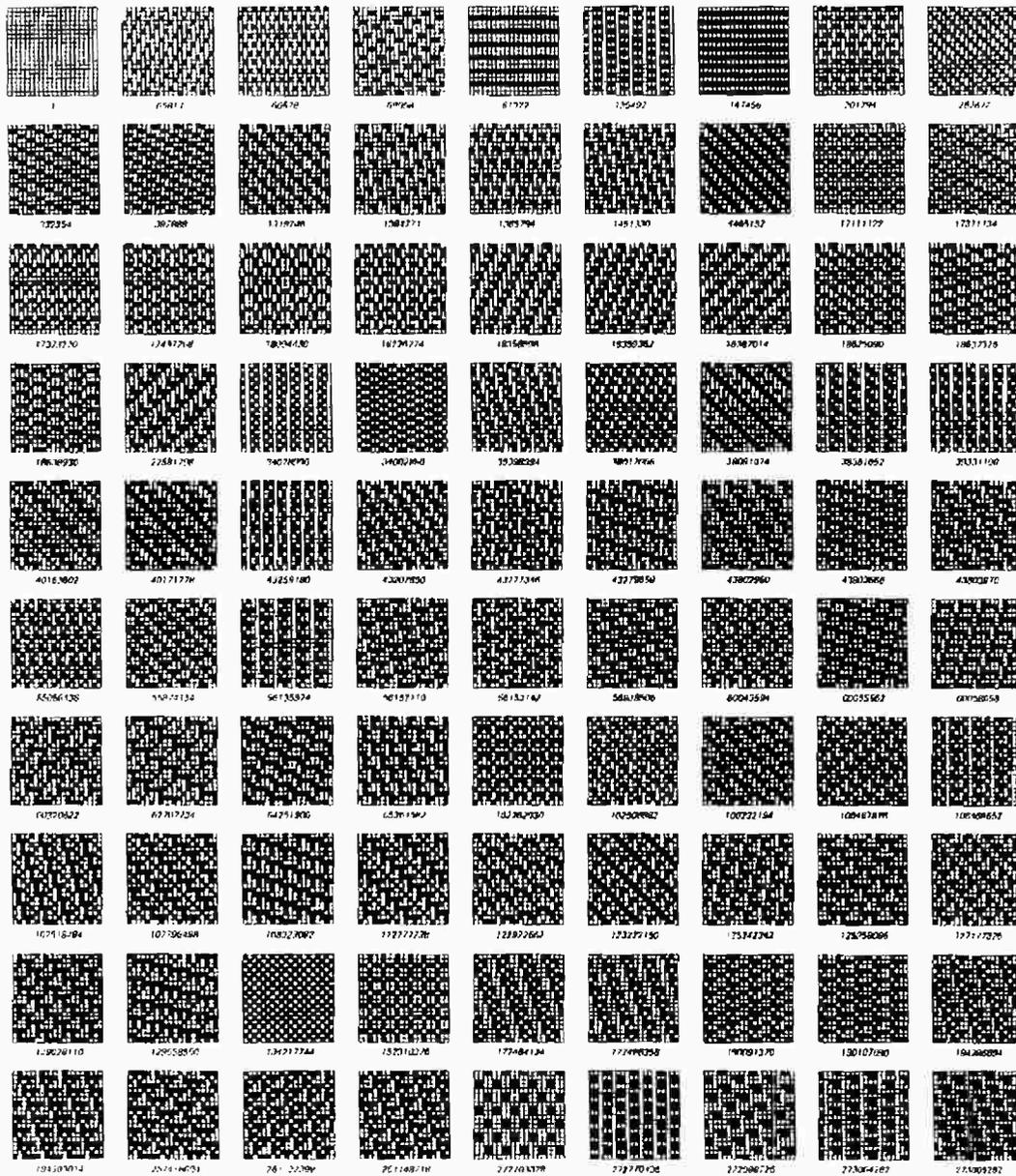


شكل (١٠١)

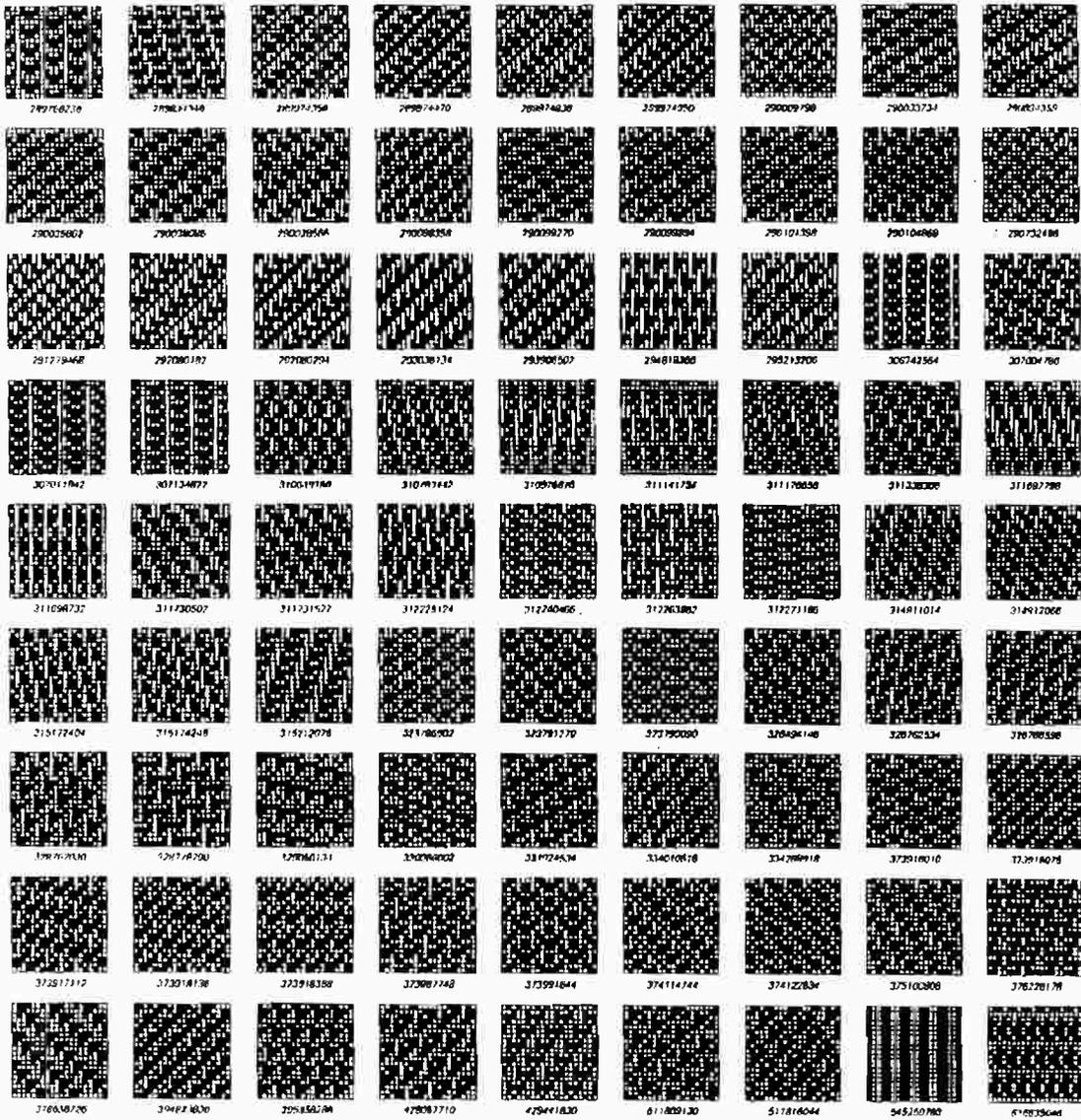


شكل (١٠٢)

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 تؤدي 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 لآى قيد إذا أمكن لصورة ما أن تحققه فإن أحد الأشكال المبينة فى شكلى (١٠٣) ، (١٠٤) سوف تكون كافية تماما لذلك .

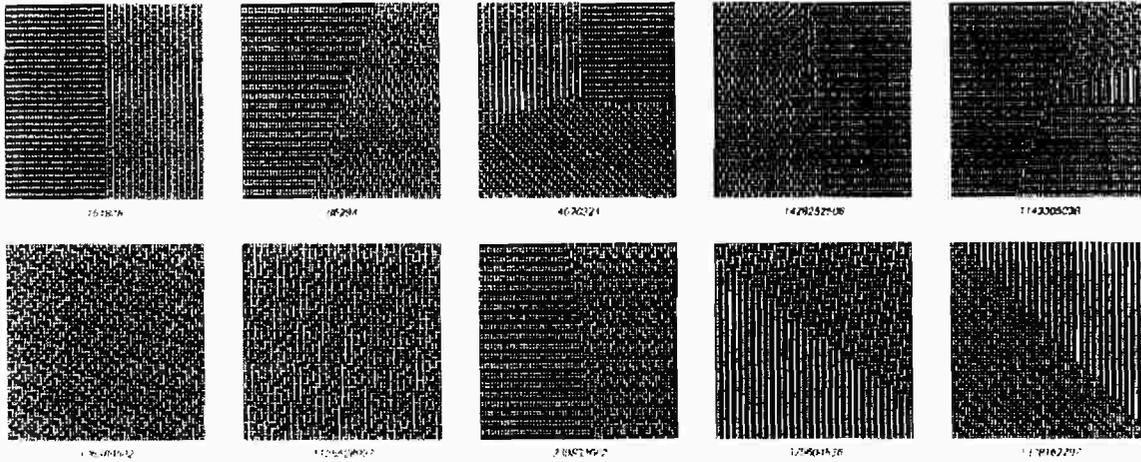


شكل (١٠٣)



شكل (١٠٤)

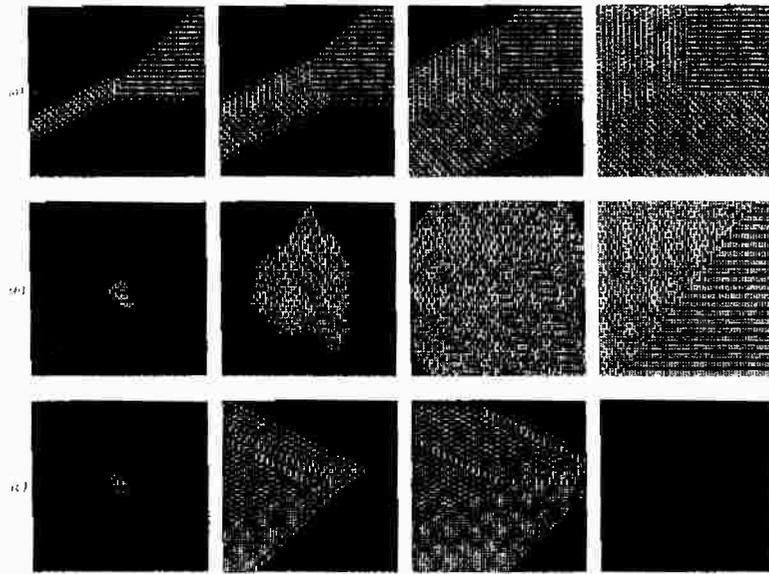
ولكن كيف يمكن أن ندخل قسرا سلوكا شديد التعقيد في مثل هذه النظم ؟
 يمكن أن يتأتى هذا بأن نشترط ظهور مجموعة من الأنماط حتى في بعض
 المناطق المنفصلة كما هو مبين في شكل (١٠٥) .



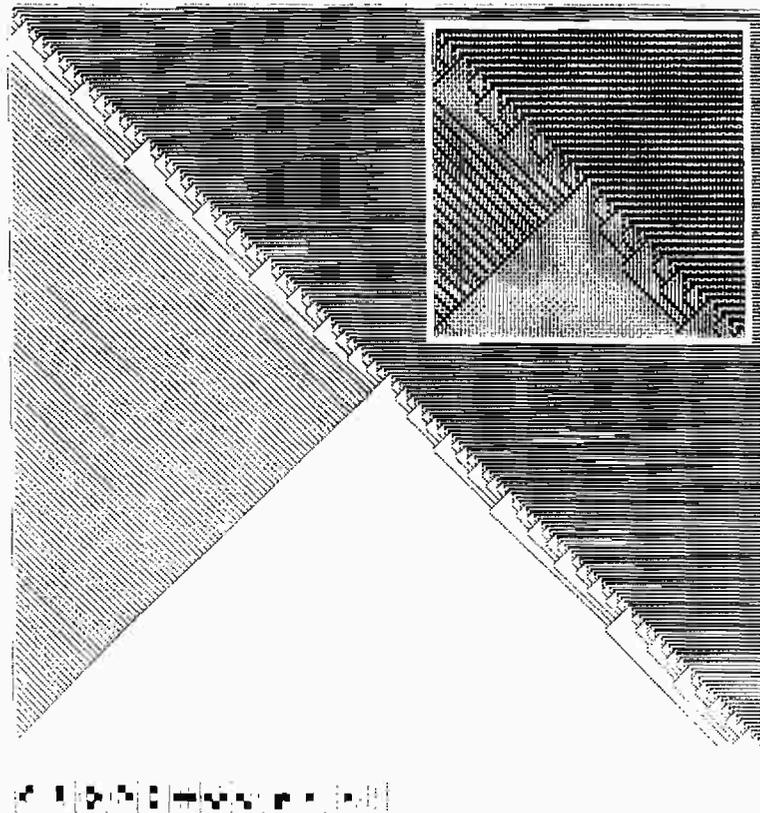
شكل (١٠٥)

فى النهاية توصلنا إلى أنه من المستحيل تقريباً أن نتوقع سلوكاً ما مقدماً طالما يخضع النظام لقيود من أى نوع . هناك طريقة مباشرة لإنجاز كل الأشكال الممكنة لقيود ما ثم نرى ما هى درجة التعقيد التى تظهر ، لكن مثل هذه الطريقة تؤدى إلى عدد فلكى من الأشكال وبالتالي هذه الطريقة 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)



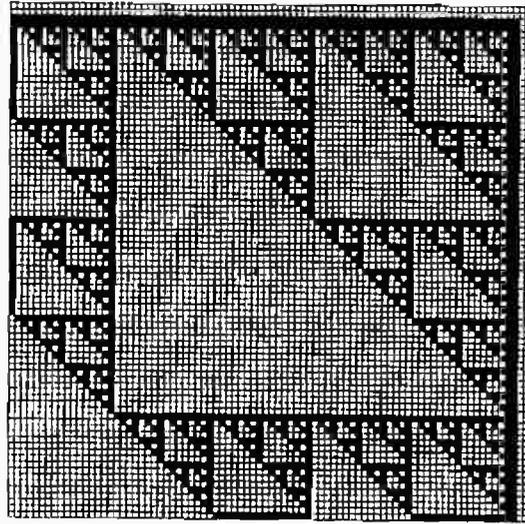
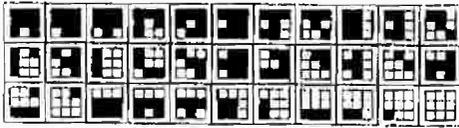
شكل (١٠٧)

ولكن كيف نحصل على سلوك أكثر تعقيداً ؟

عموماً هناك $137,438,953,472$ قيد مثل التي أوردناها في شكل (١٠٥) . من ملايين القيود التي درستها لم يؤد أي منها إلى سلوك أكثر تعقيداً.

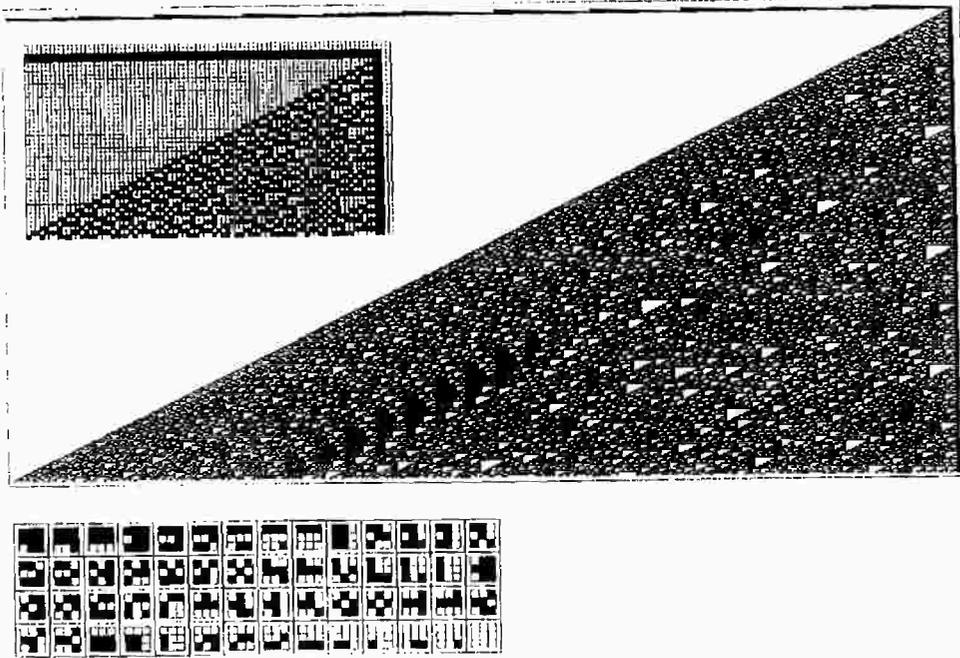
تكمن الفكرة الأساسية في اللجوء إلى 3×3 خلية في مجموعة بما فيها الخلايا المجاورة من ناحية القطر (diagonal) .

في شكل (١٠٨) نورد أشكالاً من هذا النوع



شكل (١٠٨)

لنحاول أن نحصل على سلوك أكثر تعقيداً ، حيث نُدخل قسراً بعض الأشكال العشوائية حيث نشترط أن نقحم فقط 3×563 نمطاً موضحة في شكل (١٠٩) بحيث تظهر هذه الأنماط عشوائياً في أماكن مختلفة في الصورة التي نحصل عليها.



شكل (١٠٩)

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