IRAQI Academic Scientific Journals
Al-Rafidain Engineering Journal (AREJ)
Vol. 25, No.1, June 2020, pp. 97-117
ISSN (Print) 1813-0526;
ISSN (Online) 2220-1270

المقارنة بين الاحكام في مناهج التوليد الخوارزمي الرقمي للتصاميم المعمارية

اسيل ابراهيم خليل الحبيب
aseel.ibraheem@yahoo.com

ضحى عبدالغني القزاز
dhuha_kazzaz@yahoo.com

جامعة الموصل - كلية الهندسة - قسم هندسة العمارة

تاريخ الاستلام: 6/1/2020 تاريخ القبول: 6/4/2020

الملخص : -

يتناول البحث الأنظمة الخوارزمية التوليدية الرقمية ويتحرى عن مدى انعكاس التباينبين الأنظمة الخوارزمية القائمة على الأحكامعلى تعريف الأحكام ذاتها. ولتحقيق هذا الهدف، وضع البحث إطارًا نظريًا لتعريف الأحكام في الأنظمة الخوارزمية يتضمنخصائص الأحكام وأسلوب عملها. وتمّاعتماد هذاالإطار أساسا للمقارنة بين أربعة من الأساليب التصميمة الخوارزمية تعتمد الاحكام موظّفة في التصميم المعماري والتي تعد الاساليب الأكثر توظيفا في بحوث هندسة العمارة وهي:قواعد التشكيل وأنظمة لندنماير و الانظمة الخلوية المؤتمتة وخوارزمية ذكاء السرب. وقد أظهرت النتائج إن التباين بين المناهج الخوارزمية القائمة على الأحكام ينعكس بشكل طفيف على خصائص الأحكام وأسلوب عملها اذ يغلب التماثل بينها في معظم المتغيرات الثانوية التي تم القياس على اساسها،وقد تمحورت اوجه التشابه بين الاحكام في اعتماد الرموز في تمثيلها، واعتماد أحكام الاستبدال في التوليد بالإضافة الى التماثل في الإجراءات المضمنة فيها، وفي إمكانية تكرار الأحكام وفي أسلوب إنهائها. في حين اظهرت قواعد التشكيل نوعا من التفرد في بعض الخصائص الثانوية للأحكام وبشكل خاص في مرجعية أحكامها الى تصاميم العمارة السابقة.

الكلمات المفتاحية:
التصميم المعماري الخوارزمي الرقمي، التصميم التوليدي، التصميم الخوارزمي المستند الى الاحكام.

https://rengj.mosuljournals.com
Email: alrafidain_engjournal1@uomosul.edu.iq

==========

1- المقدمة: التصميم المعماري الخوارزمي التوليدي الرقمي

يعرف كل من Sarwate & Patil (2016) الخوارزمية بانها مجموعة من الاحكام (rules) والتعليمات (instructions) في اجراء يتم خطوة خطوة (a step by step procedure) لحساب بيانات العملية (data of prosess) والقيام بمهمة محددة (p.15234). وفي ميدان العمارة يعرف Humppi (2015)الخوارزمية على انها مجموعة محددة من الاحكام أو التعليمات لحل مشكلة (p.141) حيث يمكن للمصمم إنشاء احكام تحدد بارامترات الكيانات (Objects), كما يمكن إنشاء وتعديل التصميم من خلال الاحكام التي يحددها المصمم والتي تحدد النموذج الشكلي (form) من خلال البرمجة النصية (pp.63,132). وبناء عليه، فإن المصمم في هذه العملية لا ينتج نموذجا افتراضيا لكنه يرتب مجموعة من الاحكام وينظم الخوارزمية التي استنادا إلى طريقة عملها يتم إنشاء شكل العمارة (Kazemi & Borjian, 2015, p.510).

وقد استحوذت انظمة التصميم التوليدي (Generative Design Systems) على اهتمام العديد من المصممين والباحثين. اذ يمكن استخدام هذه الأنظمة لإنتاج بدائل تصميمية عديدة لتصميم معين, او لنمط معماري معين, او لتصميم وإنتاج التكوينات المعمارية المعقّدة في دقائق معدودة، وبهذا فهي توفر الجهد والوقت والمال وتوفر عدد كبير من البدائل وتوفر بيئة واسعة للإبداع.

2- انظمة التصميم التوليدي المستندة الى الاحكام

ان مفهوم استخدام الاحكام في عملية التصميم المعماري ليس جديدًا. اذ ان من المعروف أن العشرة كتب في العمارة لVitruvius (حوالي 28 ق.م.) تمثل أول عمليات حسابية مستندة الى أحكام التصميم. حيث جاءت اعماله في شكل وصفات لوصف التصاميم المعمارية والهندسية وتخطيط المدن الرومانية, وفي فترات لاحقة, اتخذت اعمال Palladio أيضًا وصفات لوصف أجزاء مختلفة من المباني مثل الأعمدة، والقباب، والمخططات، وما إلى ذلك(Mitchell,1990,pp.152-179), كذلك كانت اعمال

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

Durand في بدايات القرن التاسع عشر(pp.148-151). كما ان الاعمال المقيسة ومبادئ التصميم الخمسة ل Le Corbusier في فترة الحداثة, تعد مثالا جيدا على التصميم بواسطة الاحكام (Mitchell,1990 , pp.147-148) , (Asojo,2000). وخلال العقود الأخيرة، بدأ المعماريون بإعادة النظر في الخوارزميات لجعل الحاسوب يساعد في انشاء أشكال معقدة ولكن عن طريق احكام معينة لجعل عمارتهم تلبي معايير التصميم (El Daly,2009,p.iii). وذلك من خلال تطوير أساليب وتقنيات لحل مشكلات التصميم عن طريق تطبيقات مساعدة في عملية التركيب وإنتاج التصاميم نفسها (Design Synthesis) وهي موضع بحث الدراسة الحالية. وتعتمد العديد من هذه الأساليب على الطرائق الحدسية (heuristic methods) لبناء احكام التصميم, وينطوي بناء هذه الاحكام على هندسة المعرفة (knowledge engineering) حيث يقوم المصممون بترميز سلسلة من الحقائق أو التفضيلات أو الشروط أو الظروف (circumstances) داخل احكام التصميم (Alfaris,2009,p.133) نقلا عن (Kalay,2004).

3- تعريف الأحكام Rules

في الأنظمة المستندة إلى الاحكام يتم تمثيل المعرفة في التصميم داخل الفعل - الشرط (condition-action) وهو سلوك او اجراء شرطي شكلي من الاحكام والذي يمثل وجود علاقة بين كيانين، أو خاصية كائن، وما إلى ذلك (El Daly,2009, p.37). والشكل النموذجي للشرط هو النموذج (if-then) الشرطي, ويمكن التعبير عن الحكم باعتبار الجزء (IF) شرطاً عندما يتطابق مع الحقائق المتعلقة بالمشكلة, يتم تحفيز الجزء (THEN) ليضيف او يلغي او يجري تعديلات من اجل تنفيذ المهمة واجراء عملية الاشتقاق (Kalay,2004,p.269). ويمكن التعبير عنها كما يلي , (El-Khaldi,2007 p.34) :

If condition" is "true", then trigger function "do this".

ولا تقتصر الاحكام على النموذج (if-then) وانما قد تتضمن نماذج شرطية اخرى مثل(do-until) او(for each-next) وغيرها (Fernandes,2012,p.15). وعادة ما يتم التعبير عن الاحكام بفعل الاستبدال على شكل جانبين ايمن وايسر وسهم بينهما بالشكل أدناه:

$$X \rightarrow Y$$

مما يعني أنه إذا تم العثور على X، فيجب استبدالها بـ Y. اذ تعمل الاحكام بمبدأ واحد وهو ان يستبدل الجانب الايسر للقاعدة (LHS: Left Hand Side) (الشكل الاولي) بالجانب الايمن للقاعدة (RHS: Right Hand Side)(النتيجة) (محمود,2012, ص24). ويمكن ترتيب تسلسل احكام الاستبدال تبعا لتوجهات عديدة مثل التوجه العشوائي (stochastic)، أو التوجه الإجرائي (procedural approaching) ، أو التكراري (recursive) حيث تستمر القاعدة في تكرار نفسها حتى يتحقق شرط معين (Alfaris,2009,p.136) نقلا عن (Mitchell,1990).

وللوصول الى تصور اكثر وضوحا حول توظيف الأحكام في مناهج التصميم الخوارزمي يتناول البحث عددا من الدراسات السابقة التي قارنت بين الانظمة الخوارزمية التوليدية المستندة الى الاحكام(rule-based systems) مثل قواعد التشكيل Shape Grammars (SG) وانظمة لندنماير L-systems (L-S) والانظمة الخلوية المؤتمتة Cellular Automata(CA)وخوارزمية ذكاء السرب Algorithm Swarm Intelligence (SI). وتصنف الانظمة الثلاثة الاولْ ضمن اصناف القواعد الشكلية التركيبية [1] (formal grammars) (El-Khaldi, 2007, pp.17,70,97) , (Alfaris, 2009, p.135).

4- الدراسات السابقة للمقارنة بين الانظمة المولدة المستندة الى الاحكام

يستعرض البحث ثلاث من الدراسات السابقة التي تبنت التوجه المقارن بين الانظمة المولدة المستندة الى الاحكام, علما أن هناك دراسات أخرى تناولت الأحكام في منهج منفرد أو أنها تناولت المقارنة بشكل ضمني وثانوي في سياق طرحها وعليه لاتعد دراسات مهمة وجديرة بالنقد. والدراسات التي تستعرضها الدراسة هي:

1.4 دراسة Singh & Gu (2012)

تبحث هذه الدراسة في تقنيات التصميم التوليدي التي تدعم التصميم الابداعي, ومنها اربع من التقنيات المستندة الى الاحكام وهي أنظمة لندنماير وقواعد التشكيل والانظمة الخلوية المؤتمتة وخوارزميات ذكاء السرب. وقد قورنت هذه التقنيات من حيث
العوامل التقنية حيث أفرزت الدراسة تباينا بين الأحكام باعتبارها جزء من مكونات النظام، إذ أشارت الدراسة الى أن الأحكام في أنظمة لندنماير وقواعد التشكيل هي أحكام إنتاج (Production Rules) بينما في النظام الخلوي المؤتمت تمثل أحكام موضعية Rules (State) حيث تعمل الاحكام على تغيير حالات الخلايا. كما ميزّت الدراسة بين أساليب تطبيق الأحكام، إذ أشارت الدراسة الى أن حكم واحد يتم تطبيقه في قواعد الشكل في وقت واحد، بينما يتم تطبيق عدة أحكام في نفس الوقت في أنظمة لندنماير، وفي نظام الأتمتة الخلوية يتم تطبيق الأحكام لتغيير الحالات في عمليات حاسوبية متوازية، وأخيرا يتم تطبيق حكم واحد في وقت واحد في خوارزميات ذكاء السرب. كما بينت الدراسة ان العملية التوليدية والتي تدعم التنقل بين الانظمة المختلفة تعمل مع اصناف من الاحكام مثل أحكام الاختيار، وأحكام إطلاق تنفيذ الحكم، وأحكام الانتقال بين المناهج المختلفة، وأحكام

[1] نشأ مصطلح القواعد التركيبية من أعمال Chomsky في اللغويات في عام 1956 (Chomsky,2002). والقواعد التركيبية هي مجموعة من التعليمات لتسلسل مجموعة من الرموز لتكوين كلمات صالحة.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الاستراتيجية. واحكام لتغيير الحالات(Singh & Gu,2012) . **مثلت هذه الدراسة احدى الدراسات الجادة للمقارنة بين النظم التوليدية القائمة على الاحكام, لكنها ركزت على دراسة العوامل التقنية وعوامل تطوير النظام التوليدي, وبذلك لم تحظَ الاحكام وبنيتها في هذه النظم, بالقدر الكافي من التعريف.**

2.4. دراسة El-Khaldi (2007)

تبحث هذه الدراسة في هيكلية اهم الانظمة التوليدية, حيث قورنت هذه الانظمة على اساس اهم خصائصها, كما قدمت الدراسة تصنيفا لهذه الانظمة تبعا لهذه الخصائص. ومن ضمن هذه الانظمة التوليدية هي المستندة الى الاحكام مثل (قواعد التشكيل و انظمة لندنماير والنظام الخلوي المؤتمت والانظمة الكسرية) والتي صنفتها الدراسة كأنظمة شكلية (الشكليات formalism). حيث تناولت الدراسة بنية الاحكام فيها وعدتها احكام استبدال. وعرفت الدراسة احكام الاستبدال في كل من الانظمة الاربعة التي تناولتها على اساس بنيتها التي تتألف من الجهة اليمنى للحكم (الشكل البدئي) والجانب الايسر للحكم (ناتج الاستبدال) والعلاقة الحيزية التي تربطهما والمتمثلة بسهم, وقدمت انواعا من هذه الاحكام كالأحكام المعتمدة لبعض التحولات الاقليدية والعلاقات الجبرية. كما صنفت الاحكام من حيث حتميتها الى احكام حتمية وغير حتمية وبينت ان الاحكام في قواعد التشكيل وانظمة لندنماير قد تكون حتمية او غير حتمية. اما في ما يخص اسلوب التطبيق فقد بينت ان الاحكام في نظام لندنماير والنظام الخلوي المؤتمت تمتاز بكونها احكام تطبق بالتوازي على جميع العناصر(الاحرف او الخلايا) في وقت واحد (El-Khaldi,2007).

تعد هذه الدراسة من الدراسات المتميزة في وصف وتصنيف الانظمة الخوارزمية التوليدية, ومحاولة جادة لتوفير قاعدة متينة يمكن ان تساهم في وضع تصانيف جديدة تنضوي تحتها هذه الانظمة. لكن هذه الدراسة, ركزت في طرحها واستنتاجاتها على خصائص النظام بشكل عام , وعملت على اجراء المقارنة بين هذه الانظمة بناءً على هذه الخصائص, في حين تناولت الاحكام بشكل ضمني فهي لم تولِ البنى الخاصة بهذه الاحكام التعريف الكافي الذي يساعد على بناء قاعدة معرفية وافية لها, اضافة الى عدم شموليتها في تناول اصناف الاحكام حيث تناولت الاحكام في الشكليات منها فقط.

3.4 دراسة Osterlund (2013)

تستكشف هذه الدراسة بعض اليات التصميم التكيفي. حيث تقوم بدراسة بعض الانظمة مثل النظام الخلوي المؤتمت ونظام لندنماير وخوارزميات ذكاء السرب, كآليات مساعدة في تطوير استراتيجيات التصميم التوليدية بناءً على أنظمة التكيف المعقدة (complex adaptives (CAS). وعدتها الدراسة انظمة خوارزمية منبثقة تعنى بالسلوك العام للنظام كما انها تسمح بالاستناد إلى الاحكام, حيث تعمل بموجب احكام بسيطة للغاية وتعتبر هذه الاحكام احكام انتاج (production rules) لإنتاج الأنماط العضوية المنبثقة والمتغيرة باستمرار, كما عدت الدراسة هذه الاحكام احكاماً تفاعلية (interaction rules) وقد قورنت الاحكام في هذه الانظمة ضمنيا, وافرزت الدراسة بعض اوجه التشابه والتباين بين اصناف الاحكام في هذه الانظمة, حيث بينت الدراسة ان نظام لندنماير يمتلك احكاما للاستبدال (replacement rules) والتكرار الذاتي (recursive rules), كما يمتلك هذا النظام احكاما للتفسير والتي تسمح بأنواع مختلفة من السيطرة البارامترية. في حين ان النظام الخلوي المؤتمت يقوم على احكام الانتقال (transition rules) واحكام التفاعل الموضعي (interaction local rules) والذي يفترض حالة واحدة لكل خلية من عدد محدود من الحالات التي تحددها احكام الانتقال (transition rules) والتي يمكن أن تختلف ضمن الخلية الواحدة او بين الانواع المختلفة للخلايا. من جانب اخر تعمل خوارزميات السرب وبصورة مشابهة للنظام الخلوي المؤتمت على احكام بسيطة للتفاعل الموضعي (interaction rules local) ثنائية او ثلاثية الابعاد, كما يمتاز افراد السرب بامتلاكهم احكاما بسيطة للتوجيه (steering rules) كرد فعل على محيطهم وعلى بعضهم البعض (Österlund,2013).

ومما سبق نجد ان هذه الدراسة قدمت مقارنة ضمنية لجانب من خصائص الاحكام في الانظمة التي قامت بدراستها وركزت على اهم وظائف هذه الاحكام وبما يخدم غرض الدراسة, كما تعد هذه الدراسة غير شمولية بتناولها لثلاثة فقط من الانظمة الخوارزمية التوليدية المستندة الى الاحكام, وهي التي تصنف ضمن انظمة التكيف المعقدة .

وقد تبين من مراجعة هذه الدراسات انها تناولت الانظمة المستندة الى الاحكام من وجهات نظر مختلفة , وقارنت بين هذه الانظمة من حيث اهم خصائص النظام, وبما يتماشى مع الاهداف المختلفة لهذه الدراسات, ولم تلقَ خصائص الاحكام ذاتها الدراسة الوافية في كل من دراستي Singh(2012) و Osterlund (2013) & Gu. اما دراسة El-Khaldi (2007) فقد تناولت دراسة خصائص الانظمة التوليدية المختلفة ومن ضمنها المستندة الى الاحكام بشيء من التفصيل لكنها تطرقت فقط الى الشكليات من هذه الانظمة , واولت استنتاجاتها الاهمية لخصائص النظام المتعلقة بكيفية عمل النظام. في حين تناولت دراسة Osterlund (2013) المقارنة بين ثلاث من الانظمة المستندة الى الاحكام فقط. وعليه نجد ان بعض هذه الدراسات لا تمتاز بالشمولية, كما انها تولي الاهتمام الاكبر لخصائص النظام بشكل عام لا لخصائص الاحكام والتي تعد جزءً من النظام بما لا يعطي تصورا واضحا عن خصائص كل من هذه الاحكام في

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الانظمة المختلفة ولا عن مدى انعكاس التباين بين الأنظمة الخوارزمية القائمة على الأحكام على الاحكام ذاتها .

5- مشكلة البحث وفرضيته وأهدافه

بناءً على ما سبق مناقشته في فقرة الدراسات السابقة يمكن طرح مشكلة البحث وفرضيته واهدافه وكما ياتي:

مشكلة البحث: هل ينعكس التباين بين الأنظمة الخوارزمية القائمة على الأحكام على كل من خصائص الأحكام وأسلوب عملها؟

فرضية البحث: إن التباين بين المناهج الخوارزمية القائمة على الأحكام ينعكس على خصائص الأحكام وأسلوب عملها.

هدف البحث ومنهجه: للإجابة عن سؤال البحث وللتحقق من صواب فرضيته من عدمها يتبع البحث الخطوات التالية:

1- بناء إطار نظري لتعريف الأحكام وأسلوب عملها
2- تطبيق الإطار على المناهج الخوارزمية القائمة على الأحكام الأكثر توظيفا في بحوث هندسة العمارة.
3- استخلاص النتائج والاستنتاجات.

6- الإطار النظري للأحكام في أنظمة التصميم التوليدي الخوارزمي

تقدّم الدراسة في هذا الاطار استخلاصاً لأهم خصائص الاحكام في الانظمة الخوارزمية التوليدية المختلفة من اجل الوصول الى اهم المفردات التي تعرّف الاحكام في كل نظام بحيث يمكن اعتمادها أساسا للمقارنة بين الاحكام في النظم التوليدية الخوارزمية المختلفة.

فمن خلال مراجعة الدراسات السابقة يمكن ان نجد تنوعا في المراجع الفكرية للأحكام في الانظمة الخوارزمية المختلفة والتي يمكن للمصمم ان يتبناها, سواء كانت من داخل او من خارج حقل العمارة, فنجد Knight(1981) مثلا تشير الى ان الاحكام في قواعد التشكيل يمكن ان تعرف من خلال استخلاص الاحكام من تصاميم معمارية سابقة او تعرف من خلال حدس المصمم(p.215). كما تطرقت Knight(1994 a-) الى استخدام قواعد التشكيل التحليلية في تعريف الأنماط التاريخية و تنظيم احكام لطرز وتصاميم سابقة لتنتج على غرارها تصاميم جديدة تحمل لغة التصاميم السابقة ذاتها, وتكون مضمنة في الاحكام, مثل الاحكام التي وضعت لتوليد تصاميم انماط فلل Palladio و بيوت البراري ل Wrightومن قبلها المنازل على طراز الملكة Anne والحدائق المغولية والمقاهي اليابانية. اضافة الى الاحكام التي وضعت لتوليد تصاميم انماط فلل Le Corbusier واعمال Eisenman وغيرها.

وطرح Österlund (2013) الانظمة الخلوية المؤتمتة (Cellular automata) وانظمة ليندنماير (L-systems) وخوارزمية ذكاء السرب (Swarm Intelligence Algorithm) كخوارزميات توليدية منبثقة (emergent algorithms) تحاكي الانظمة الطبيعية المعقدة ذات التنظيم الذاتي (Self-organizing system) والتي تعرض خصائص منبثقة (p.163). في حين بينت دراسة Cudzik & Radziszewski(2018) ان خوارزميات ذكاء السرب (Swarm Intelligence Algorithms) هي من الخوارزميات المستلهمة من علم المحاكاة الحيوية (Bio-inspired algorithms) (p.80).

من جهة اخرى اشارت بعض الدراسات كدراسة El-Khaldi(2007) ودراسة Fernandes(2012) الى امكانية اعتماد احكام تصميمية تمثل خطوات يضعها المصمم بنفسه والتي قد لا تمتلك مرجعا محددا.

كما تنوعت الدراسات في تعريف وظائف الأحكام, إذ أشارتOxman(2006) الى ان نماذج التصميم التركيبية تتعامل مع الشكل من خلال احكام التحوّل rules transform (P.254) . وبينت بعض الدراسات الاخرى ان استنتاج أنواع الاحكام عادة ما يتم في عملية التصميم من الخوارزميات التي تقوم بتشغيلها. على سبيل المثال يمكن استخدام احكام "استبدال replacement " أو احكام "تحول transformation"، أو احكام "تشوه deformation " ، إلخ, اذ تؤدي احكام الاستبدال عمليات الاستبدال على الكيانات (objects) أو أجزاء منها,و يمكن أن يكون الوصف البسيط لهذه العملية: اختر الكائن A ، واستبداله بالكائن B او اختر جزءًا من الكائن A واستبدله بجزء من الكائن B ، أو اختر الكائن C واستبدله بلا شيء (El-Khaldi,2007, p.34). حيث بين Wojtkiewicz (2014) ان احكام الاستبدال تحدد كيفية استبدال كل شكل من الأشكال في الاحكام بشكل آخر. كما اشارت دراسة Österlund(2013) الى احكام لإنتاج الانماط العضوية واخرى تفاعلية اضافة الى احكام لتوجيه الحركة او توجيه السلوك كما في خوارزميات ذكاء السرب. في حين اشارت دراسة Singh & Gu(2012) ايضا الى بعض الاحكام ذات الوظائف المختلفة منها أحكام الإنتاج والاحكام المساندة (التي تسهم بشكل غير مباشر في عملية توليد الشكل عند اعتماد اكثر من منهج خوارزمي) كأحكام الاختيار، وأحكام إطلاق تنفيذ الحكم، وأحكام الانتقال بين المناهج المختلفة، وأحكام الاستراتيجية. واشارت Knight (1999) الى امكانية ربط قواعد التشكيل بقواعد وصفية موازية, بحيث يتم إنشاء تصميم وتقديم وصف له بشكل متوازٍ(p.9).

من جهة اخرى تباينت الدراسات في تعريف اساليب تمثيل الاحكام، إذ بينت دراسة Wojtkiewicz(2014)ان هنالك لغةً للتعبير عن احكام التوليد المختلفة(p.339). كذلك اشارت دراسة El-Zanfaly (2009) الى الانظمة التوليدية التي تستخدم مجموعة من اللغات المفاهيمية وعبرت عنها بالأنظمة التوليدية الرمزية (symbolic generative systems) وهذه الانظمة تعتمد رموزاً مثل الكلمات او الارقام. كما اشار Terzidis(2006) الى ان الخوارزمية قد تعمل كنظام لإعادة كتابة السلاسل وتستخدم القواعد (grammars) مثل الاحكام للعمل على سلاسل الرموز لأنشاء سلاسل نصية جديدة (p.21).

حيث بينت El-Zanfaly(2009) ان الاليات التوليدية مثل الاحكام تعتمد عمليات مثل العمليات الحسابية, وتصف التحولات كالتحولات الاقليدية التي يمكن ان تحدث للعناصر الاساسية (كالنقطة والخط والسطح والشكل

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الجيومتري(p.48). كما ان التصميم القائم على الاحكام يتأثر بالرياضيات والمنطق(Wojtkiewicz,2014) .

كذلك اشارت بعض هذه الدراسات الى ان عملية التصميم قد تفرض قيودا على الاحكام , حيث اشارت دراسة Wojtkiewicz (2014) الى ان تطبيق الحكم يكون عادة مقيدا بواسطة قيود النظام (p.341). وعرفت الدراسة هذه القيود على انها تقييد لدرجة الحرية في عملية توفير الحلول وتوليد التصاميم (p.342).

ومما سبق يمكن تعيين مفردة اولى وهي خصائص الاحكام والتي تتضمن بعض المتغيرات الثانوية منها المرجع الفكري للحكم و اسلوب تمثيل الاحكام ووظيفة الحكم و الإجراءات المضمنة في الحكم.

اولا: المرجع الفكري للأحكام: اذ نجد ان المرجع الفكري للأحكام في الخوارزمية يتراوح بين كل من:

- احكام مستمدة من حقل العمارة
- احكام مستمدة من خارج حقل العمارة مثل حقول العلوم الطبيعية المختلفة أو حدس المصمم.

ثانيا: وظيفة الحكم : ويمكن تصنيفها الى أحكام الإنتاج التوليدية(التي تمثل الأحكام التي تسهم مباشرة في عملية توليد وإنتاج الشكل) وأحكام الإنتاج المساندة (التي تسهم بشكل غير مباشر في عملية توليد الشكل مثل أحكام الاختيار أو إطلاق تنفيذ الحكم ...) وأحكام التفسير والوصف (على سبيل المثال الأحكام الوصفية في قواعد الشكل التي تصف نوع المادة أو اللون ... الخ).

ثالثا: اسلوب تمثيل الحكم: قد يتم تمثيل الحكم رمزيا او شكليا او رقميا او وصفيا اوعلائقيا او بأشكال اخرى.

رابعا: الإجراءات المضمنة في الحكم: كالعمليات المنطقية (اتحاد ,طرح, تقاطع) والتحولات الاقليدية (انتقال, تدوير, انعكاس, تغيير المقياس, انكماش، تناوب, إزاحة) والعمليات الحسابية والترابطات البارامترية .. الخ.

اما فيما يخص اسلوب الانتقال بين الأحكام في خوارزمية التصميم والتحكم بها, فقد اكدت دراسة Wojtkiewicz(2014)على اعتماد التكرارات في انظمة التوليد القائمة على الاحكام. في حين اشار Chang الى ثلاثة أنواع من تعليمات التحكم اللازمة لوصف التعليمات في الخوارزميات وهي التسلسل (sequence) والاختيار (selection) والتكرار (iteration) وقد عرف Chang(2003) هذه التعليمات كما يلي(p.13):

[أ] التسلسل: حيث يتم تنفيذ التعليمات في "تسلسل" حسب ترتيب كتابتها.

[ب] الاختيار: يتم تحديد التعليمات المراد تنفيذها طبقًا للتحقق من حدث منطقي.

[ج] التكرار: يجب تكرار مجموعة من التعليمات, ويتم إيقاف التنفيذ عندما يتم التحقق من صحة الحدث المنطقي.

كما لا يستدعي تسلسل الإجراءات دائماً نفس تسلسل التنفيذ(p.11).

وقد يكون اسلوب الانتقال بين خطوات التصميم اما خطيا او تكراريا مثل التكرار الحلقي loop وهو الذي يتكرر حتى يتم استيفاء شرط معين. حيث عرف Terzidis(2004) التكرار(iteration) بانه عملية الاداء المتكرر للحدث الذي يتم استدعاءه لتنفيذ نفس مجموعة التعليمات عدداً معينً من المرات او حتى الحصول على نتيجة محددة (p.204). اذ ان هيكلة القواعد وفقا لدراسة Hou & Stouffs (2018) تتم في أنماط حسابية باستخدام التسلسل والاختيار والتكرار(p.417), كما بينت الدراسة امكانية اختيار تطبيق الاحكام بصورة متسلسلة (sequence) او بصورة إنتقائية (selection) او بصورة تكرارية (iteration) (p.422). في حين ذكر Terzidis(2006) نوعا من التكرارات وهو التكرار الذاتي (recursion), ويعتمد هذا النوع من التكرارات في الخوارزميات التوليدية التي تكرر نفسها باستمرار (مثل الانظمة الكسرية) حيث ان الاحكام التي تولد الكل هي الاحكام ذاتها التي تولد الاجزاء(p.119).

اما فيما يخص تسلسل تطبيق الاحكام فقد اشارت دراسة El-Khaldi(2007) الى ان تسلسل تطبيق الحكم الواحد يمكن ان يتم بصورة متوازية على كل الاجزاء في وقت واحد او ان يتم بصورة متتابعة. وفيما يتعلق بعدد الاحكام التي يمكن تطبيقها في خطوة التوليد الواحدة فقد اشارت دراسة Gu & Singh(2010) الى ان بالإمكان تطبيق حكم واحد او مجموعة محددة من الاحكام في المرة الواحدة (p.131) .. وبينت دراسة Trescak et al.(2009) ان اليات اختيار الاحكام للتطبيق إما أن يكون ذاتي من قبل المصمم أو مؤتمت عن طريق البحث الشجري (Tree-search mechanism) او الية الكشف عن الاشكال الثانوية (Sub-mechanism (shape) (p.236).

وفيما يتعلق بإمكانية تكرار الاحكام فقد تكون الاحكام قابلة للتكرار او غير قابلة للتكرار وكذلك اسلوب انهاء تكرار الاحكام قد يكون مفعلا او غير مفعل. ومن حيث القيود المضمنة في الاحكام فقد اشارت دراسة Chakrabarti et al. (2011) الى ان القواعد التركيبية على سبيل المثال تتضمن توضيح او تحديد اين وكيف (where and how) يتم اضافة الحكم من اجل اجراء عملية التوليد (p. 021003-3).

ومما سبق يمكن تعريف مفردة ثانية هي اسلوب عمل الاحكام والتي تتضمن بعض المتغيرات الثانوية منها تسلسل تطبيق الاحكام وامكانية تكرار الاحكام و اسلوب انهاء تكرار الاحكام و حرية اختيار تطبيق الاحكام وكما ياتي:

- تسلسل تطبيق الاحكام : اما ان يتم تطبيق الحكم بصورة متوازية على كل الاجزاء في وقت واحد اوان يتم تطبيق الحكم بصورة متتابعة(تطبيق متوازي/ تطبيق متتابع).
- وامكانية تكرار الاحكام: الاحكام قابلة او غير قابلة للتكرار.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

- اسلوب انهاء تكرار الاحكام: انهاء تكرار الاحكام مفعل او غير مفعل.
- حرية تطبيق الاحكام ويشمل:
- حتمية تطبيق الاحكام: اما أن يكون تطبيق الاحكام اجباريا (من حيث كيفية التطبيق(كيف واين ومتى يتم تطبيق الحكم) او من حيث تسلسل التطبيق) أو ان يكون تطبيق الاحكام غير اجباري.
- عدد الاحكام التي يمكن تطبيقها في المرة الواحدة : حكم واحد او مجموعة محددة من الاحكام.

7 - الدراسة العملية: المقارنة بين الاحكام في اربعة من الانظمة المولدة المستندة الى الاحكام

يطرح البحث فرضية أساسية مفادها إن التباين بين المناهج الخوارزمية القائمة على الأحكام ينعكس على خصائص الأحكام وأسلوب عملها. **وعليه يركز البحث في الأقسام التالية على تطبيق الإطار على المناهج الخوارزمية القائمة على الأحكام الأكثر توظيفا في بحوث هندسة العمارة,** وتشمل كل من قواعد الشكل(Shape grammars) ونظام لندنماير(L-Systems) والنظام الخلوي المؤتمت(Cellular Automata) ونظام خوارزمية ذكاء السرب(Swarm Intelligence Algorithm), اذ سيتم دراسة ومقارنة الاحكام في ضوء المفردتين اللتين تم وضعهما من قبل الباحثتين لتعريف الأحكام التوليدية الخوارزمية بدلالة خصائص الأحكام وأسلوب عملها. وتمثل المفردة الاولى خصائص الاحكام باعتبارها خطوات عمل في العملية التصميمية والتي تتضمن بعض المتغيرات الثانوية منها المرجع الفكري للحكم ومصدر الأحكام و اسلوب تمثيل الاحكام ووظيفة الحكم و الإجراءات المضمنة في الحكم. بينما تتناول المفردة الثانية اسلوب عمل الاحكام والتي تتضمن بعض المتغيرات الثانوية منها تسلسل تطبيق الاحكام وامكانية تكرار الاحكام و اسلوب انهاء تكرار الاحكام و حرية اختيار الاحكام وعدد الاحكام التي يمكن تطبيقها في المرة الواحدة.

7-1 خصائص الاحكام

7-1-1 المرجع الفكري للأحكام

- **قواعد التشكيل (Shape grammars):**

تشير Knight (1981) الى ان الاحكام في قواعد التشكيل يمكن ان تعرف من خلال استخلاص الاحكام من تصاميم معمارية سابقة , وذلك من اجل توليد تصاميم جديدة تحمل لغة التصاميم السابقة وتكون مضمنة في الاحكام. كما ان احكام التشكيل قد لا تكون مستمدة من تصاميم سابقة وانما مستمدة من حدس المصمم (معرفة من الصفر) على سبيل المثال تعريف علاقات حيزية ذات خصائص تركيبية او دلالية محددة (p.215). وان حدس المصمم يستند الى القابلية البشرية على الرؤية والادراك البصري Stiny (2006).

- **انظمة لندنماير (L-Systems) :**

الاحكام في نظام لندنماير مقتبسة من نماذج النمو النباتي (EL-Khaldi, 2007, p.55).

- **الأنظمة الخلوية المؤتمتة (Cellular Automata):**

ان هذا النظام هو نظام توليدي يوصف بشكل موجز بأنه يتكاثر ذاتيا(Fernandes,2012,p.22). ويكون ذاتي التنظيم (Osterlund,2013,p.160). وعليه فان الاحكام في الأنظمة الخلوية المؤتمتة تحاكي التكاثر والتنظيم الذاتي في الطبيعة (self-replicating system) .

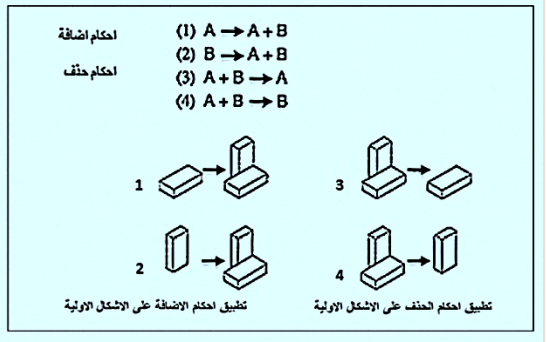
- **خوارزمية ذكاء السرب Swarm Intelligence (Algorithm):**

تبين دراسة Miranda & Coates(2000) ان سلوك خوارزمية ذكاء السرب يكون تعبيرا مباشرا عن مبدأين من مبادئ الطبيعة هما السلوك التكيفي المعقد (complex adaptive behavior) والذي يكون نتيجة للتفاعل (interact) بين الكائنات الحية, وكذلك نتيجة للتنظيم الذاتي (self-organisation), (Singh & Gu, 2012, p.189),(Osterlund, 2013, p.166).

7-1-2 اسلوب تمثيل الاحكام

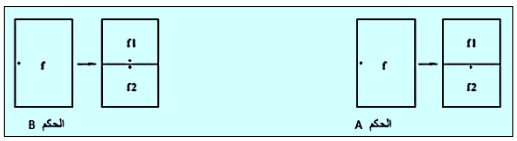
- **قواعد التشكيل Shape grammars:**

الاحكام في قواعد التشكيل هي احكام شكلية تتضمن تكوينات شكلية اولية بسيطة (اشكالاً جيومترية ثنائية أو ثلاثية الأبعاد) وعلاقات حيزية وعناصر رمزية لتوليد أشكال معقدة (Montiel et al., 2013, p.232). وتتكون بنية الحكم فيSG من جزأين مفصولين بسهم وهما شكل أو أشكال الجانب الأيسر (LHS)، والتي تحتوي على الشرط, وشكل أو أشكال الجانب الأيمن (RHS)، والتي تحتوي على الإجراء المرتبط (the associated action) كما في الشكل(1).



الشكل(1) يوضح العلاقات الحيزية (spatial relation) بين الاشكال في قواعد التشكيل والتي تحكمها علاقات الطرح والاضافة . (Knight, 1991, p.35).

وقد تتضمن الأحكام في قواعد التشكيل أيضا الأحرف والرموز وكما موضح في الشكل(2).



الشكل (2) يبين حالة استخدام الاحرف والرموز في حكمين مختلفين لقواعد التشكيل. وتكون الاحرف توضيحية ومساندة للعلامات(Duarte,2005, p.269) .

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

يتضح مما تقدم أن تمثيل الأحكام في قواعد التشكيل يعتمد الأشكال المتنوعة (ثنائية وثلاثية الأبعاد) والعلاقات الحيزية بالإضافة الى الرموز والاحرف والارقام.

- **انظمة لندنماير L- Systems** :

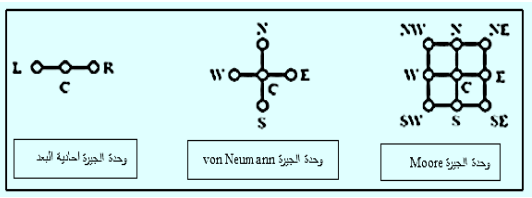
تتمثل الاحكام في نظام لندنماير بأحكام إعادة كتابة السلسلة، حيث يتم إنشاء سلاسل معقدة من الاحرف والرموز عن طريق تطبيق هذه الاحكام على سلاسل أبسط , بداية من سلسلة أولية، و تشكل مجموعة الاحكام المسبقة سلسلة جديدة، ربما تكون أكبر. وتكتب الأحكام بشكل سلاسل من الرموز وتفسر على شكل خطوط (Hemberg et al. 2007 a), (Krispel et al.,2014,p.9). وتتكون بنية الحكم في L-S كجانب ايسر وسهم وجانب ايمن (EL-Khaldi, 2007, p.55). وتقدم الاحكام بالشكل: $R \rightarrow L$ حيث أنّ R حرف ابجدي أولي يتم استبداله بالحرف الابجدي L (p.57).

يتضح مما تقدم أن تمثيل الأحكام في نظام لندنماير يعتمد الرموز والأحرف .

- **الأنظمة الخلوية المؤتمتة Cellular Automata :**

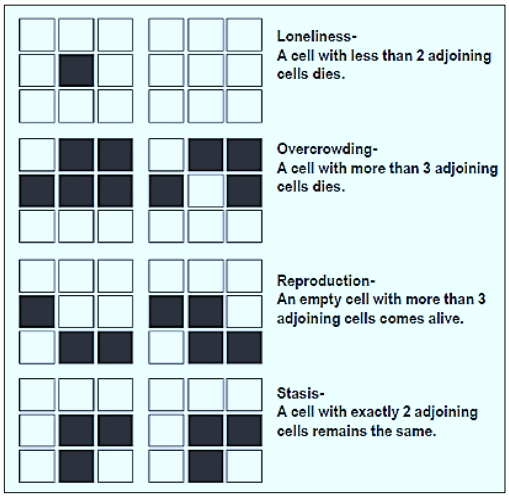
يتم تمثيل الاحكام في النظام الخلوي المؤتمت باللونين الابيض والاسود او بشكل عددي من خلال النظام الثنائي حيث يَعْني اللون الأبيضَ قيمة 0 والاسود قيمة 1. او قد يتم التعبير عن مخططات حالات الخلايا بمجموعة من الالوان(EL-Khaldi,2007,p.72). وفي حالة الاحكام ذات البعد الواحد فان الخلايا المجاورة يمين ويسار الخلية المحددة تمثل مجموعة الخلايا المتجاورة (وحدة الجيرة), اما في حالة الاحكام ذات البعدين فيتم تمثيل وحدة الجيرة بمجموعة من الخلايا (عقد) تقع في نطاق محدد متمثل بقطر الدائرة التي مركزها الخلية المحددة (Koenig, 2011, p.360).

وفي النظام الخلوي المؤتمت هنالك نوعان من وحدات الجيرة (Neighborhood) ثنائية الابعاد, احدهما يدعى وحدة الجيرة von Neumann والاخر يدعى وحدة الجيرة Moore, اضافة الى وحدة الجيرة الخطية احادية البعد (Abdalla , 2004, Chapter1, p.7) ويوضح الشكل (3) الحالات التقليدية للخلايا المتجاورة في النظام. ويمثل (الشكل على اليسار) نموذج وحدة الجيرة الخطية حيث تمتلك الخلية المركزية c جارين فقط عن يمين ويسار الخلية, في حين يمثل (الشكل في الوسط) وحدة الجيرة ثنائية الابعاد والتي تدعى وحدة الجيرة von Neumann حيث تمتلك الخلية المركزية اربع خلايا مجاورة في الاتجاهات الرئيسة الاربعة, في حين يمثل (الشكل على اليمين) وحدة الجيرة ثنائية الابعاد والتي تدعى وحدة الجيرة Moore حيث تمتلك الخلية المركزية ثمان خلايا مجاورة في الاتجاهات الثمانية.



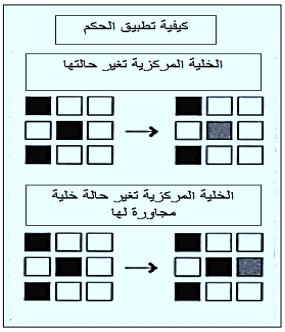
الشكل (3) يوضح الحالات التقليدية للخلايا المتجاورة في النظام.(Abdalla , 2004, Chapter1, p.7) .

وكما انه يمكن تمثيل مجموعاتِ الخلايا على شكل مصفوفة من بعد واحد او بعدين, كذلك يمكن تمثيل مجموعاتِ الخلايا على شكل مصفوفات ثلاثية الابعاد (Anzalone and Clarke, 2003,p.333) ويعبر عنها بالأشكال الجيومترية. وبالتالي يمكن تمثيل مجموعة احكام ثنائية وثلاثية الابعاد. ويبين الشكل(4) مجموعة احكام لعبة الحياة ثنائية البعد.

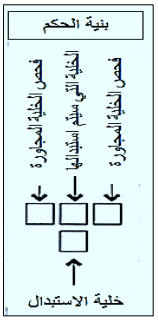


الشكل (4) مجموعة احكام لعبة الحياة ثنائية البعد مع احكام وصفية لها, تمثل حالات موت او حياة الخلية المركزية اعتمادا على عدد الخلايا المجاورة لها . (Anzalone and Clarke, 2003,p.332).

كما يبين الشكلان (5) و(6) على التوالي كيفية تطبيق الحكم وبنية الحكم في النظام .



الشكل (5) يبين كيفية تطبيق الحكم

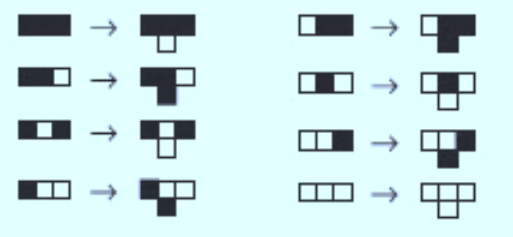


الشكل (6) يوضح بنية الحكم

.(EL-Khaldi,2007, p.73)

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

وقد صنّفَ Wolfram (2002) , 256 حكما للحالات الاولية للأنظمة الخلوية المؤتمتة احادية البعد, اذ يمكن احتساب الحالات الأوليةِ من خلال حالات الخلايا المجاورة والذي يمثل ثلاث خلايا متجاورة بحالتين للخلية اما بيضاء او سوداء حيث يكون الناتج 8 حالات اساسية محتملة States (Neighbors is 2^3= 8) (p.73) كما في الشكل (7).



الشكل(7) يمثل الاحكام الاساسية الثمانية.
(Stiny, 2006 ,p. 274).

وفي هذه المجموعات الثمانية يمكن توليد حالتين فقط للخلايا بيضاء او سوداء فيصبح العدد الكليّ للمجموعاتِ المحتملةِ: States Neighbor Combinations= 2^8 = 256 rules).ومجموعات الخلايا الأوليةِ هذه والحالات الجديدةِ هي التي تمثل الاحكام (EL-Khaldi,2007,p.73) نقلا عن (Flake,1998). ويتم تمثيل الاحكام كمصفوفة من الوحدات السوداء (1) و الوحدات البيضاء (0). كما يتم تمييزها عن طريق حساب مواقع الخلايا السوداء على مقياس ثنائي 128 64 32 16 8 4 2 1 في هذا الموقع ، وبالتالي فإن التمثيل للحكم 30 مثلا يكون على النحو التالي :(Alfaris,2009,pp.140-145)

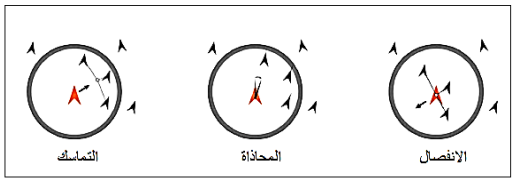
$00011110 \rightarrow (0*128)+(0*64)+(0*32)+(16*1)+(8*1)+(4*1)+(2*1)+(0*1) = 0+0+0+16+8+4+2+0 = 30.$

يتضح مما تقدم أن تمثيل الأحكام في النظام الآلي الخلوي يعتمد الشبكات المتعامدة ثنائية او ثلاثية الابعاد وكذلك الألوان والأرقام والرموز.

- **خوارزمية ذكاء السرب Swarm Intelligence Algorithm:**

الاحكام في خوارزميات ذكاء السرب التقليدية هي احكام تسيير(steering rules) وهي احكام بسيطة لتوجيه الحركة ومثال عليها ما يدعى بأحكام Craig Reynold's boids[2] وتتضمن هذه الاحكام, الانفصال (separation) والمحاذاة (alignment) والتماسك (cohesion) (Cudzik & Radziszewski,2017, p.80).ويبين الشكل (8) تخطيط بياني توضيحي لهذه الاحكام. (والتي سيتم توضيحها في الفقرة 7-1-3).

[2] Boids هو برنامج حياة اصطناعية طوّره Craig Reynolds , يحاكي سلوك الطيور المتدفقة. وقد نشرت ورقته البحثية حول هذا الموضوع في وقائع مؤتمر ACM SIGGRAPH. المصدر: Reynolds (1987).



الشكل (8) تخطيط بياني توضيحي لمجموعة الاحكام الموضعية لعملاء السرب, طبقا لحركة جزيئات Reynolds.
(Österlund, 2013, p.173).

ولغرض توضيح بنية الاحكام في خوارزميات السرب نطرح المثال الذي قدمته دراسة Guo & Li (2017) كنموذج لأحكام التفاعل والتحكم بحركة العملاء و التي تم تطبيقها استنادا الى ثلاث عملياتِ (اصناف للسلوك) هي التحرّك والدفع وتبادل المواضع وقد تم تعريفها كالاتي (Guo & Li ,2017,p.55):

العملية [السلوك]: التحرك Move الحكم: ويعرّف كانتقال الشكل الجيومتري للعميل A على طول المتجه $\vec{m}$.

العملية [السلوك]: الدفع Push الحكم : [A; p; $\vec{m}$] ويعرف كدفع العامل A من النقطة p مع المتجه $\vec{m}$.

العملية [السلوك]: تبادل المواضع Swap الحكم : [A1; A2] ويعرف كتبادل المواضع بين A1 وA2 .

يتضح مما تقدم أن تمثيل الأحكام في خوارزميات السرب الحركة يعتمد الأحرف والأرقام والرموز.

ومما سبق يمكن ان نستنتج ان اسلوب تمثيل الاحكام في الانظمة الاربعة تتمثل بما يلي:

- قواعد التشكيل S G: احكام شكلية حيزية, يمكن ان تستخدم ايضا الرموز والارقام والحروف في تمثيل الاحكام.
- وانظمة لندنماير L-S: احكام رمزية (سلاسل من الاحرف).
- النظام الخلوي المؤتمت CA: احكام رمزية(حالات الخلايا ثنائية الابعاد بشكل ارقام او الوان او رموز او حالات الخلايا ثلاثية الابعاد بأشكال جيومترية).
- **خوارزمية ذكاء السرب** SI: احكام رمزية(الاحرف والأرقام والرموز)

3-1-7 وظيفة الحكم

- **قواعد التشكيل Shape grammars:**
  - **احكام الانتاج التوليدية:**

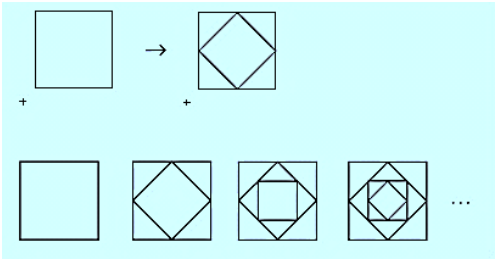
ينص الحكم في قواعد التشكيل على أن الأشكال الموجودة على الجانب الأيسر تجري عليها التحولات transformation أو يتم استبدالها replaced بالأشكال الموجودة على الجانب الأيمن. اذ انه عند إعطاء شكل أولي ، يتم تحويله باستخدام قواعد الشكل لإنتاج شكل جديد أو أشكال جديدة. وان الاحكام في هذا النظام تعمل على اجراء التحويل على أساس الأنماط الشكلية في مساحة معينة (السياق) (Speller et al,2007, p.85). ونقلا عن (Trescak et al., 2009, p.236) هنالك انواع من الاحكام منها :

الإضافة :يُضيفُ شكلاً جديداً في التبعيةِ الحيزية للشكل الآخر.
الاستبدال :استبدال شكل قديم بالشكلِ الجديدِ.
التعديل :يُعدّلُ الشكلُ الحاليُ إلى الأبعادِ الجديدةِ.

إذ يمكن أن تشمل التحولات طرح أجزاء من الشكل على الجانب الأيسر او إضافة شكل جديد إليه، او تقسيمه، أو نحو ذلك (Loomis,2001, p.4),(Mohamed,2005, p.35 او حذفه . (Stiny,2006, p.147) ويبين الشكل (9)

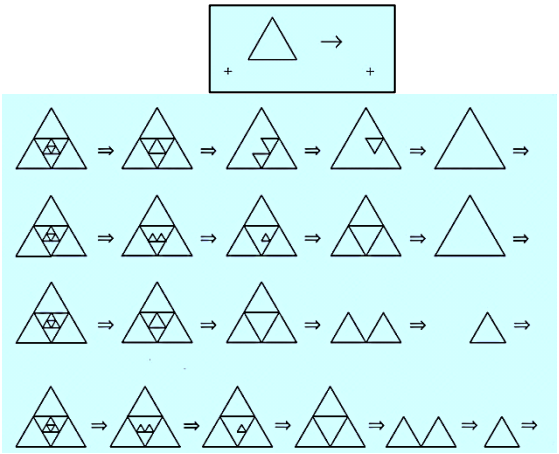
المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

نموذجا لأحكام الاستبدال. حيث يستبدل الشكل في الجهة اليسرى (اينما وجد) بالشكل في الجهة اليمنى, وتكرر العملية.



الشكل(9) يوضح احكام الاستبدال في قواعد التشكيل وعملية الاشتقاق.(Stiny, 2006, p.234).

- كما قد تتضمن عملية تطبيق الاحكام احتمالات مختلفة, اذ أن الحكم الواحد يمكن ان يستخدم بطرق مختلفة للحصول على نتائج مختلفة. ويبين الشكل(10) تعبيرا عن احد الاحكام وهو حكم لإلغاء الشكل المثلث, والطرق المتعددة للاشتقاق من شكل اولي واحد. اذ يمكن ان يتم الاشتقاق بطريقة مختلفة في كل مرة, وقد تكون النتائج النهائية مختلف او متشابهة.



الشكل(10) يمثل احد الاحكام, والطرق المتعددة للاشتقاق من شكل اولي واحد.(Stiny, 2006, pp.147-148).

والتحولات في قواعد الشكل تعني تغيير شكل النموذج الأولي دون تغيير وظيفته. اي إنها تشير إلى التغييرات في الشكل الملحوظ للكائن, وتحدث بثلاث طرق (Mohamed, 2005, p.35):

- ❖ عن طريق تغيير تكوين النموذج من خلال العمليات الإقليدية.
- ❖ عن طريق تغيير القيم المعينة للمتغيرات التي تحدد عناصر مكونات النموذج (كما في قواعد الشكل البارامترية).
- ❖ عن طريق استبدال عناصر المفردات في النموذج بعناصر جديدة, نقلا عن (Colakoglu 2001).

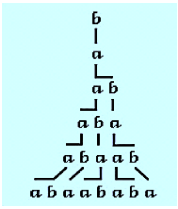
- **أحكام الوصف في قواعد التشكيل:**

تمتلك قواعد التشكيل احكاما خاصة للوصف، حيث اشارت Knightالى امكانية ربط قواعد الشكل بقواعد وصف متوازية بحيث يتم إنشاء تصميم ووصف له بشكل متوازٍ. ويحتوي كل تصميم يتم إنشاؤه بواسطة قواعد التشكيل على وصف(بما في ذلك عدد غرف النوم ، على سبيل المثال) .(Knight,1999,p.9)

يتضح مما تقدم أن وظائف الأحكام في طريقة قواعد الشكل تتمثل بأحكام انتاج توليدية مثل الاستبدال والطرح والاضافة واجراء التعديلات والتحولات... الخ, اضافة الى الاحكام الوصفية.

- **انظمة لندنماير L-systems:**
  - **احكام الانتاج التوليدية:**

تماثل احكام نظام لندنماير احكام التشكيل في كونها اداة لتوليد الأنماط، وتوليد التصاميم التي أساسها الشكل (Singh & GU, 2012, p.162). والاحكام في نظام لندنماير هي احكام استبدال تطبق بشكل تكراري، حيث يتم استبدال حرف بسلسلة من الاحرف(Österlund, 2013,p.166). وكما هو موضح في الشكل (11).



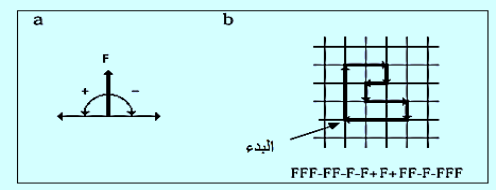
الشكل(11) مثال لعملية الاشتقاق في انظمة لندنماير. حيث يتم استبدال الحرف b بالحرف a واستبدال الحرف a بالحرفين a b وهكذا.

. (Prusinkiewicz & Lindenmayer, 1990, p.4)

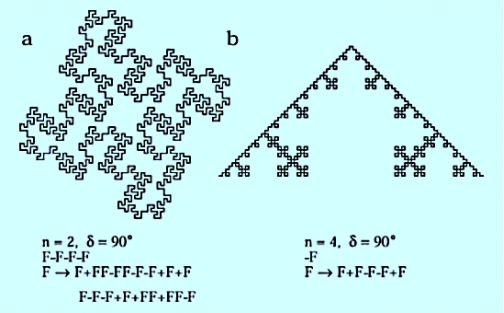
- **احكام التفسير Interpretation Rules**:

بصورة عامة تؤدي أنظمة L مهمتين رئيسيتين هما تمثيل المعلومات في الرموز وتفسير تلك الرموز على أنها أنماط نمو(Alfaris,2009, p.137). وتستخدم عملية التفسير interpretation من أجل استخدام أنظمة لندنماير لنمذجة الاشكال الجيومترية ، حيث يتم تفسير سلاسل الاحرف التي تم توليدها الى خطوط (Krispel et al.,2014,p.9), وذلك عن طريق احكام تفسير, او ما يدعى ب (Turtle interpretation) والتي تمثل سلسلة من الرموز مثل($F, +, -$) حيث تعني F تقدم الى الامام خطوة مقدارها d وتعني + انعطف يمينا بزاوية مقدارها δ بينما تعني - انعطف يسارا بزاوية مقدارها δ , وتعد d,δ بارامترات ثابتة (Prusinkiewicz & Lindenmayer,1990 ,p.7) وكما موضح في الشكلين(12) و(13).

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com



الشكل(12)احكام التفسير في نظام لندنماير.
(Prusinkiewicz & Lindenmayer, 1990, p.7)



الشكل(13) يوضح توليد (منحنيات Koch) باستخدام احكام التفسير في نظام لندنماير.
(Prusinkiewicz & Lindenmayer, 1990, p.9).

ونستنتج مما سبق ان الاحكام في انظمة لندنماير بصورة عامة على نوعين, احكام انتاج توليدية واحكام تفسير.

- **الأنظمة الخلوية المؤتمتة Cellular Automata :**
  - **احكام الانتاج التوليدية:**

ويحاكي النظام الخلوي المؤتمت سلوك التوليد من خلال تطبيق احكام الاستبدال بشكل متسلسل على رقع الخلايا (وحدات الجيرة) وتُعالجُ هذه الاحكام حالات كل خلية وجاراتها في نفس الوقت. ويتم تطبيق هذه الاحكام على الحالة الراهنة current state لكل (خلية) في النظام لحساب الحالة الجديدة لها, (Anzalone and Clarke , 2003,P.326). وبالتالي فان الاحكام في هذا النظام تعمل على اجراء التحويل على أساس النمط (نمط الشبكة) في مساحة معينة هي وحدة الجيرة, (Speller et al, 2007, p.85) كما تعمل على تحديث[3] حالات الخلايا.

كما تشير دراسة Anzalone and Clarke (2003)الى ان بالامكان التحكم بالتكوينات والاشكال الجيومترية من خلال احكام معينة, كأحكام الولادة والموت.

  - **احكام التفسير:**

قد تمتلك الانظمة الخلوية المؤتمتة, اسوة بانظمة لندنماير, احكاما للتفسير من اجل تفسير البيانات في النظام الثنائي(حالات الخلايا) الى اشكال جيومترية (El-Khaldi, 2007, p.76-77).

ومما سبق نستنتج ان الاحكام في النظام الخلوي المؤتمت CA هي احكام انتاج توليدية من خلال الاستبدال وتحديث حالات الخلايا و تحويل النمط, وقد يمتلك النظام احكاما للتفسير .

- **خوارزمية ذكاء السرب Swarm Intelligence Algorithm:**
  - **احكام الانتاج التوليدية:**

ان هذه الاحكام تُعرّفُ للسَيْطَرَة على سلوكَ افراد السرب(العملاء agents) أثناء عملية التفاعل كتعديل مواقعهم وتوجيه حركتهم (Guo & Li, 2017, p.55). فهي تعد احكاماً لتعديل مواقع العملاء (agents position transformation) بناءً على حسابات رياضية لموقع واتجاه حركة العميل والعملاء المجاورين له. ويمكن وصف وظائف هذه الاحكام كالاتي نقلا عن كل من (Cudzik & Radziszewski, 2017, p.80) و (Miranda & Coates, 2000, pp. 6, 7) (راجع الشكل(8)):

- **الانفصال** Separation: يعطي العميل القدرة على الحفاظ على مسافة فصل معينة عن العملاء القريبين.
- **التراصف**Alignment: ويعطي العميل القدرة على التراصف (الاقتراب وتشكيل مجموعة) مع العملاء القريبين.
- **المحاذاة** Cohesion: ويعطي العميل القدرة على محاذاة نفسه مع العملاء القريبين.
- **تجنب العقبات**: بالإضافة إلى ذلك، يشتمل النموذج السلوكي على تجنب العوائق التنبئية.

كما ان خوارزميات ذكاء السرب التقليدية يمكن أن توسّع عن طريق احكام اضافية لتوجيه السلوك .

مثل خوارزمية The path following algorithm, والتي تم توضيحها من قبل Reynolds (1999) (Österlund,2013,p.173) والتي تعملَ فيها الاحكام على ابقاء العملاء قريبين من مسار محدد ، اضافة الى امكانية اضافة عقبات تعمل على إعاقة حركة العملاء وتغيير سلوك السرب (p.173) .

  - **احكام الانتاج المساندة:**

تشترك جميع الانظمة السابقة في الحاجة الى احكام انتاج مساندة عند استخدام اكثر من نظام في عملية التوليد.

ومما سبق يمكن ان نستنتج ان وظيفة الحكم في الانظمة الاربعة تتمثل بما ياتي:

قواعد التشكيل S G: احكام إنتاج توليدية عن طريق الاستبدال والطرح والاضافة والتعديل والتحول ...الخ، بالإضافة الى أحكام الانتاج المساندة واحكام الوصف.

انظمة لندنماير L-S: احكام إنتاج توليدية عن طريق الاستبدال بالإضافة الى أحكام الانتاج المساندة واحكام التفسير.

الأنظمة الخلوية المؤتمتةCA : احكام إنتاج توليدية عن طريق استبدال و تحديث حالات الخلايا، بالإضافة الى أحكام الانتاج المساندة ، مع امكانية استخدام أحكام التفسير.

[3] احكام التحديث في النظام الخلوي المؤتمت Cellular Automata: (التحديث أو نقل التغييرات هو أحد وظائف الأحكام) اذ تتمثل الاحكام في النظام الخلوي المؤتمت بكونها احكام تحديث لحالات الخلايا, لبناء نموذج للتكاثر حيث يعيد النظام بناء نفسه بشكل مستمر بناءً على احكام مضمنة, ويكون كل جزء في النظام لديه نفس مجموعة الاحكام المدمجة مثل باقي الاجزاء، وبالتالي فإن إدارة النظام لكل منها تكون موضعية (Alfaris 2009,,p.144).

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

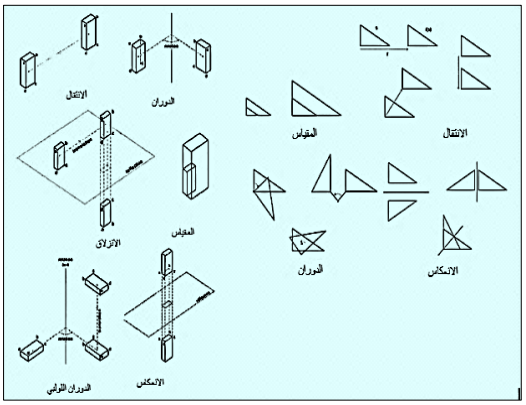
خوارزمية ذكاء السرب SI: احكام إنتاج توليدية عن طريق تعديل وتحديث لمواقع العملاء اضافة الى احكام التوجيه.

4-1-7 الاجراءات المضمنة في الحكم:

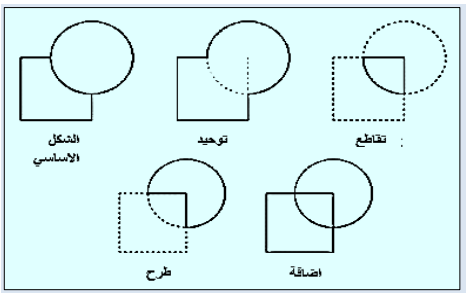
تشترك الانظمة التوليدية الاربعة بمجموعة من الاجراءات المضمنة في الاحكام منها العمليات المنطقية وبعض التحولات الاقليدية والحسابية والارتباطات بين البارامترات (في الاصناف البارامترية منها) وغيرها.

ووفقا ل Stiny and Gips

فانه يتم تطبيق الاحكام على الاشكال في قواعد التشكيل, ثم ايجاد التحولات الاقليدية على الاشكال الجيومترية (تغيير المقياس, الازاحة ، الدوران ،الانعكاس) التي تجعل الجانب الأيسر من القاعدة مطابقًا للجزء المقابل في الشكل ؛ واخيرا تطبيق هذه التحولات على الجانب الأيمن من القاعدة واستبدال الجانب الأيمن من القاعدة للجزء المقابل من الشكل(1972.p128).الشكلان (14 أ و ب) و (15) على التوالي يوضحان تطبيق بعض التحولات الاقليدية والعمليات الجبرية على الاشكال.



الشكل (14 أ)تحولات شكلية ثنائية الابعاد
الشكل (14 ب)تحولات شكلية ثلاثية الابعاد
.(Prakash et al,2017,p. 294)

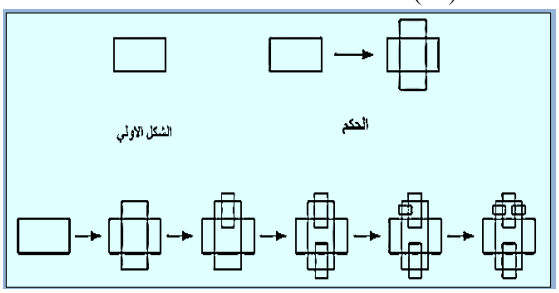


الشكل (15) العمليات الجبرية على الاشكال. Prakash et al,2017,p. 294).

2-7 اسلوب عمل الاحكام

1-2-7 تسلسل تطبيق الاحكام: تطبيق متتابع او متوازي (طريقة الاشتقاق).

- **قواعد التشكيل Shape grammars:** في هذا النظام يستخدم عادة التطبيق المتتابع للأحكام كما موضح في الشكل(16).



الشكل (16) يبين التطبيق المتتابع لأحكام التشكيل.
.(Chouchoulas ,2003,p. 27)

كما بينت دراسة (Li,2001) ان بالإمكان استخدام التطبيق المتوازي للأحكام في قواعد التشكيل وتعرف بالقواعد المتوازية (p.38).

انظمة لندنماير L-systems :

ويتم تطبيق هذه الاحكام بصورة متوازية. اي يتم تطبيقها في وقت واحد بشكل اني على جميع اجزاء السلسلة (p.161 Singh & GU, 2012,). حيث يتم استبدال جميع الاحرف في وقت واحد .(Prusinkiewicz & Lindenmayer, 1990,p.3).

- **الأنظمة الخلوية المؤتمتة Cellular Automata :**

عملية حسابية متوازية. وفي كل خطوة يتم تطبيق احكام الانتقال transition rulesعلى الشبكة بالكامل في وقت واحد(Osterlund, 2013, p.165) .

- **خوارزمية ذكاء السرب Swarm Intelligence Algorithm:**

يكون تطبيق الاحكام تطبيقا متوازيا, اذ يتم في كل خطوة تطبيق الاحكام على جميع العملاء في وقت واحد.

2-2-7 امكانية تكرار الاحكام (قابلة للتكرار وغير قابلة للتكرار)

تعد الاحكام في الانظمة التوليديةSG وL-S و CA و SA قابلة للتكرار. وتمتاز L-S بانها تنتج أشكالا تمتاز بالتشابه الذاتي والهندسة الكسرية عند تكرار احكامها تكرارا ذاتيا (recursive) (Osterlund,2013 .p.165) نقلا عن (Prusinkiewicz & Lindenmayer 1990). وان عملية توليد التصميم تحدث بشكل تدريجي عبر التطبيق المتكرر للأحكام (Hou & Stouffs, 2018, p.417).

3-2-7 اسلوب انهاء تكرار الاحكام (مفعل او غير مفعل)

قد يكون اسلوب انهاء تكرار الاحكام مفعلا وكما يلي:

- **قواعد التشكيل Shape grammars:**

يتم إنهاء تكرار الاحكام (عملية التوليد) عندما لا يمكن تطبيق أية احكام في القواعد(Stiny and Gips,1972.p.128).

- **انظمة لندنماير L-systems**:

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

تتوقف عملية تكرار الاحكام عندما لا يمكن تطبيق حكم جديد او عند انتهاء عدد محدد من التكرارات.

- **الأنظمة الخلوية المؤتمتة Cellular Automata :**

تتوقف عملية تكرار الاحكام عند انتهاء عدد الخطوات الزمنية للتحديث (Speller et al,2007, p.81).

- **خوارزمية ذكاء السرب Swarm Intelligence Algorithm:**

تشير دراسة Cudzik & Radziszewski (2018) الى امكانية توقف العملية عند وصول العميل الى الهدف المقرر مسبقا (configuration target) او عند تلبية هيكل حركة العملاء للمتطلبات الموضوعة.

كما يمكن ان يكون انهاء تكرار الاحكام غير مفعل وذلك عندما يستمر التكرار حتى يقوم المصمم بإنهاء العملية بصورة تفاعلية.

4-2-7 حرية اختيار الاحكام

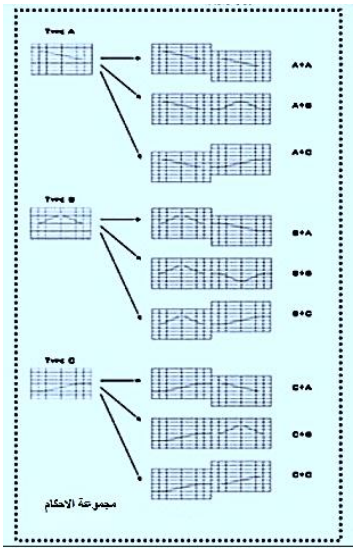
1-4-2-7 (احكام غير حتمية او احكام حتمية):

- **قواعد التشكيل Shape grammars:**

هنالك نوعان من الاحكام في قواعد التشكيل هي الاحكام الغير حتمية والاحكام الحتمية.

- **الاحكام الغير حتمية**

قواعد التشكيل الغير حتمية، تمتاز باحتمالية تَطبيق واحد من عدد من الأحكام في خطوةِ التوليد الواحدة بالإضافة الى إمكانية تطبيق هذا الحكم الواحد عدد غير محدود من المرات (Trescak et al., 2009 p.236) كما في الشكل(17).



احدى النتائج الشكلية المحتملة

الشكل (17) يبين مجموعة من الاحكام الاساسية والتي تمتلك مجموعة من الاحكام الفرعية الاحتمالية. ويمكن تطبيق واحد من الاحكام الفرعية الثلاثة لكل حكم اساسي, في كل مرة يتم فيها تطبيق الحكم الاساسي, والنتائج تكون مختلفة.

.(Alfaris, 2009, p.148)

وهنالك عِدّة آليات يمكن ان تُطبّق على انتقاء الشكل المرشّح والحكم التالي للمضي في عملية التوليد, وتتمثل هذه الاليات في مجموعتين:

- ❖ اليــة البحــث الشــجري (Tree-search): mechanism تخزن الية البحثِ الشجري حالةَ التوليد الراهنة, وتَستعملُ خوارزمياتَ البحثِ الشجري التقليديةِ لإيجاد الحكم التالي القابل للتطبيق (ومثال على ذلك: - العرض أولاً، العمق أولاً).
- ❖ آليــة كشــفِ الاشــكالِ الثانويــةِ (Sub-shape detection mechanism): وتُكتشفُ هذه الطريقة الأشكال الثانوية التي تنتجُ من عمليةِ التوليد الراهنة.

هذا يَعْني، ان بعد كُلّ خطوة توليد في عملية التصميم, ولأيّ حكم يجب استكشاف في ما اذا كان بالإمكان أَنْ يُستَعمل كُلّ شكل ثانوي يقع على الجانبِ الايسرِ في الخطوة القادمةِ(Trescak et al., 2009, p.236).

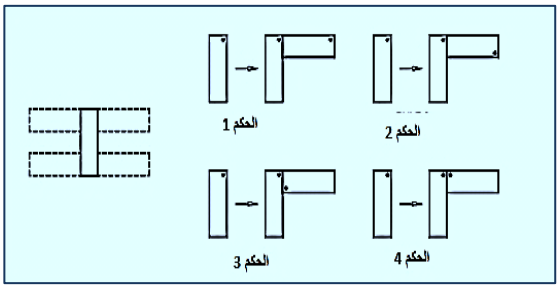
- **الاحكام الحتمية:**

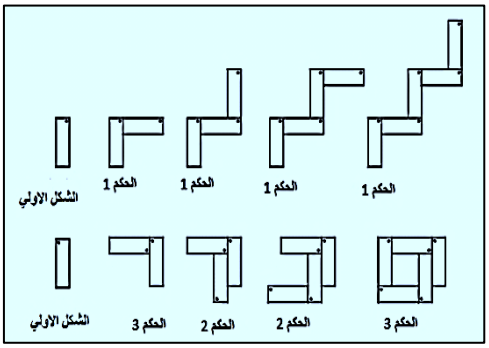
يمكن تقييد تطبيق الحكم على كل واحدة من الطرق السابقة الذكر عن طريق إضافة علامات markers إلى الأشكال الموجودة في الحكم. اي انه لغرض التحكم في كيفية تطبيق الحكم على الاشكال في الجانب الأيسر يمكن اضافة العلامات الى الأشكال. اذ أَنْ اضافة العلامات الى الاشكال في قواعدِ التشكيلَ، تساعد على انشاء مجموعة حتمية مِنْ الاحكام, وازالة الغموض عن موضع تطبيق الحكم التالي (Loomis,2001,p.5).

وقد تكون العلامات أرقامًا أو أحرفًا أي نوع من العلامات. وفي قواعد التشكيل الملونة يمكن ان تعمل الالوان المختلفة عمل الرموز في قواعد التشكيل الغير ملونة(Knight , 1991 ,p.44) كما ان مواقع العلامات قد تعتمد على قيم بارامترية (Stiny,1985, p.349) ويتم ترميز الحكم المعرف من العلاقة الحيزية وفقًا لخصائص تماثل الأشكال في الحكم (Knight ,1991,p.36). وان العلاقة الحيزية بين علاماتِ شكلين تُحدّدانِ العلاقةَ الحيزية بين الشكلين بشكل واضح(Prakash et al., 2017, p.294). كما تعمل الاحكام المرمزة (المقيدة بالرموز) على تَحديد طرقِ تطبيق الحكم. مثل العلامات الوضعية (State labels) والعلامات الحيزية (المكانية) (spatial labels). والعلامات الوضعية هي مجموعة من الاحرف او الارقام والتي ترتبط بالحكم من حيث وقت تطبيق الحكم, امالعلامات الحيزية فهي الرموزَ التي ترتبط بالأشكالِ لضمان تصاميمِ صحيحةِ (Al-Kazzaz et al., 2010, p.189) نقلا عن (Knight, 1994). الشكل(18 أ و ب) يبين احكام التشكيل المقيدة وكيفية الاشتقاق.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الشـــكل (18أ)

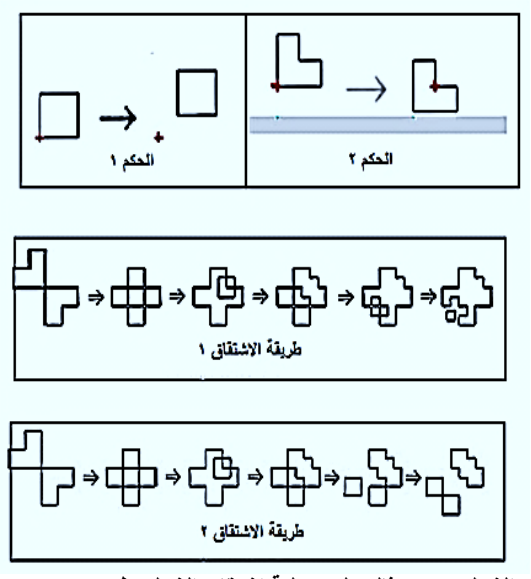




الشكل (18 ب)

الشكل(18 أ و ب)احكام التشكيل المقيدة بالعلامات وكيفية الاشتقاق.(أ) اربعة احكام شكلية مرمزة يمثل كل حكم موقع مختلف للعلامة (ب) يوضح كيفية الاشتقاق بتكرار الحكم ذاته او بتطبيق احكام مختلفة , للحصول على نتائج مختلفة. .(Loomis,2001,p.6)

وفي نهاية عملية الاشتقاق فان الشكل النهائي يعتمد على الاحكام المستخدمة ومتى وكيف يتم تطبيقها. وقد يختلف ذلك بالنسبة للأحكام المختلفة, وفي الواقع يتغير الشكل النهائي في كل مرة يتم فيها تجربة أي حكم مختلف. على سبيل المثال، تطبيق الحكمين التاليين على نفس الشكل الاولي وبتسلسل مختلف ينتج نتائج مختلفة, الحكم الأول هو حكم لإزاحة شكل مربع على طول المحور القطري له بمقدار نصف طول المحور و الحكم الثاني هو حكم لإزاحة شكل L على طول المحور القطري للشكل
.(Prakash et al, 2017, pp.295, 296)
كما في الشكل (19).



الشكل (19) مثال على عملية اشتقاق الشكل بطرق تؤدي الى نتائج مختلفة واشكال منبثقة. .(Prakash et al.,2017,pp.295,296)

- **انظمة لندنماير L-systems:**

هنالك نوعان من الاحكام في انظمة لندنماير هي احكام غير حتمية (حرة او غير حساسة للسياق) او احكام حتمية (تضع محددات لتطبيق الاحكام اين ومتى وكيف).

- **الاحكام الغير حتمية:**

الاحكام الغير حتمية, هي احكام اختيارية, كما في المثال التالي, حيث يمكن ان يستبدل R بالحرف الابجدي L او M.

Initial string: {RRL}
Given rule: R→L or R→M

- **الاحكام الحتمية**: في انظمة لندنماير هنالك انواع من الاحكام الحتمية منها :

❖ **الاحكام الحتمية الحساسة للسياق** (Context-Sensitive Deterministic Rules): في هذا النوع تطبّق الاحكام على الحرف الابجدي اعتمادا على نوع الحرف المجاور . ويتم استخدام الرموز "<" لليمين المجاور، و">" للمجاور من اليسار. على سبيل المثال:

Initial string: {RRL}
Given Rule: R<R→L

وتعني يطبق الحكم فقط في حالة كون الجار المجاور من اليمين للحرف R هو الحرف R
.(Prusinkiewicz & Lindenmayer, 1990, p.7)

❖ **الاحكام الحتمية الغير حساسة للسياق** (Context-Free Deterministic Rules) :

هي احكام غير اختيارية, كما في المثال التالي, حيث يمكن ان تستبدل R بالحرف الابجدي L فقط.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

Initial string: {RRL}
Given rule: R→L

- **الأنظمة الخلوية المؤتمتة Cellular Automata :**

ان هذا النظام يعمل على مجموعة من الاحكام الحتمية ،أي إن الحالة الأولية للنظام تحدد في النهاية نتائجها (Anzalone and Clarke , 2003,p.326), ويطبق الحكم فقط اذا كان الجانب الايسر للحكم يطابق شرطا اوليا (وهو حالة الخلية وجيرانها) ويكون تنفيذ هذه الاحكام متعلقا بالخطوات الزمنية. كما ويتم تطبيق الاحكام بشكل متسلسل بحيث ان وحدات الجيرة تجدد بعضها البعض. وهذا يعني ان حالات الجيرانِ تَتغيّرُ بشكل ثابت مستندة على التغييراتِ في وحدات الجيرة السابقةِ. لكن اي معلومة لا تنتقل إلى الجيل التالي(EL. Khaldi, 2007, p.72).

- **خوارزمية ذكاء السرب Swarm Intelligence Algorithm:**

الاحكام في خوارزميات السرب هي احكام حتمية.

كتحريك العميل في الجهة اليمنى ومن نقطة محددة حسب المتجه في الجهة اليسرى(البارامترات الطول والاتجاه) او استبدال موقع العميل في الجهة اليسرى بموقع العميل في الجهة اليمنى وهكذا. **اذن هنالك نوعان من الاحكام هي الأحكام الحتمية والأحكام الغير حتمية**

ومما سبق يمكن ان نستنتج ان هنالك نوعان من الاحكام هي الأحكام الحتمية والأحكام الغير حتمية وكما يلي:

- قواعد التشكيل: احكام حتمية ,احكام غير حتمية.
- انظمة لندنماير: احكام حتمية , احكام غير حتمية.
- الأنظمة الخلوية المؤتمتة: احكام حتمية.
- خوارزمية ذكاء السرب : احكام حتمية.

7-2-4- 2 عدد الاحكام التي يمكن تطبيقها في المرة الواحدة

- **قواعد التشكيل Shape grammars**:

يتم تطبيق حكم واحد في كل عملية توليد اعتمادا على مطابقة الشروط لأشكال الجهة اليمنى(Singh & GU, 2012, p.161).

- **انظمة لندنماير L-systems**:

عادة يتم تطبيق العديد من الاحكام المحددة في وقت واحد (Singh & GU, 2012, p.161).

- **الأنظمة الخلوية المؤتمتة Cellular Automata :**

يمكن تطبيق حكم واحد في كل عملية توليد او تطلق الاحكام ذات الصلة لتغيير الحالات(Singh & GU, p.161, (2012, (EL-Khaldi, 2007, p.71). وعلى الرغم من أن الأنظمة الخلوية المؤتمتة تنفذ عادةً قاعدة واحدة بشكل متكرر، إلا أن المصمم / المبرمج لديه القدرة على تطبيق سلسلة من احكام الأنظمة الخلوية المؤتمتة بشكل انتقائي من خلال ربطها في مجموعة توليدية مرتبة, بصورة مماثلة لقواعد التشكيل (. (Speller et al, 2007, p.85

- **خوارزمية ذكاء السرب Swarm Intelligence Algorithm** :

يتم تطبيق حكم واحد على جميع العملاء لتوجيه السلوك في كل عملية توليد وفي وقت متزامن اعتمادا على مطابقة الشروط لأشكال الجهة اليمنى(Singh & GU, 2012, p.161). **ومما سبق يمكن ان نستنتج ما يلي:**

- قواعد التشكيل: يمكن ان يطبق حكم واحد في المرة الواحدة.
- انظمة لندنماير: يمكن ان يطبق حكم واحد او اكثر من حكم في المرة الواحدة.
- الأنظمة الخلوية المؤتمتة: يمكن ان يطبق حكم واحد او عدد محدود من الاحكام في المرة الواحدة.
- خوارزمية ذكاء السرب: يمكن ان يطبق حكم واحد في المرة الواحدة.

وفيما يلي جداول قياس المتغيرات:

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الجدول (1) تحليل المفردة الثانوية (المراجع الفكرية التي تستمد منها الاحكام في المناهج الخوارزمية المستندة الى الاحكام).
(اعداد الباحثتين).

الجدول(1) تحليل مفردة المراجع الفكرية التي تستمد منها الاحكام في المناهج الخوارزمية المستندة الى الاحكام								
المفردة الثانوية	القيم الممكنة			يوجد 1=	المناهج الخوارزمية المستندة الى الاحكام			
				لايوجد 0= %	SI	CA	L-S	SG
المراجع الفكرية التي تستمد منها الاحكام	مراجع من داخل حقل العمارة		تصاميم العمارة السابقة	25	0	0	0	1
			أخرى					
	مراجع من خارج حقل العمارة	مراجع من الطبيعة	الانظمة الطبيعية المنبثقة ذات التنظيم الذاتي Emergence & Self-organizing -inspired	75	1	1	1	0
			علم البايولوجي Biologically-inspired	25	0	0	1	0
			علم المحاكاة الحيوية Bio mimic -inspired مثل محاكاة السلوك التكيفي للكائنات مع محيطها كايجاد الطريق للبحث عن الطعام	25	1	0	0	0
			علم التشكل Morphogenesis -inspired مثل نمو النباتات Botanic Growth ومحاكاة سلوك الجزيئات	25	0	0	1	0
		مراجع من علم الرياضيات		0	0	0	0	0
		مراجع من علم الهندسة المجسمة		25	0	0	0	1
		حدس المصمم		25	0	0	0	1
		اخرى						

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الجدول (2) تحليل القيم الممكنة لمتغير خصائص الاحكام. (اعداد الباحثتين).

الجدول (2) تحليل القيم الممكنة لمتغير خصائص الاحكام							
المتغيرات الرئيسة	المتغيرات الثانوية	القيم الممكنة	توجد=1 لا توجد=0 %	المناهج الخوارزمية المستندة الى الاحكام			
				SI	CA	L-S	SG
تعريف الاحكام	اسلوب تمثيل الحكم	اشكال	50	0	1	0	1
		علاقات حيزية	25	0	0	0	1
		علاقات تجاور	50	1	1	0	0
		رموز	100	1	1	1	1
		احرف	75	1	0	1	1
		ارقام	75	1	1	0	1
		اخرى					
	وظيفة الحكم	حكم استبدال Replacement Rule	100	1	1	1	1
		حكم انتقال Transition Rule	25	0	0	0	1
		حكم تحول Transformation Rule	50	0	1	0	1
		حكم تحديث للحالات	50	1	1	0	0
		حكم توجيه Navigation Rule	25	1	0	0	0
		اخرى					
	الإجراءات المضمنة في الحكم	عمليات منطقية Logical Operations	100	1	1	1	1
		تحولات اقليدية Euclidean Transformations	25	1	0	0	1
		عمليات حسابية Arithmetic Operation	100	1	1	1	1
		ارتباطات بين البارامترات	100	1	1	1	1
		عمليات اخرى					

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الجدول (3) تحليل القيم الممكنة لمتغير اسلوب عمل الاحكام.
(اعداد الباحثتين).

الجدول(3) تحليل القيم الممكنة لمتغير اسلوب عمل الاحكام								
المتغيرات الرئيسة	المتغيرات الثانوية	القيم الممكنة		توجد=1 لاتوجد=0 %	المناهج الخوارزمية المستندة الى الاحكام			
					SI	CA	L-S	SG
اسلوب الانتقال بين الاحكام	تسلسل تطبيق الاحكام	تطبيق متتابع		25	0	0	0	1
		تطبيق متوازي		100	1	1	1	1
	امكانية تكرار الاحكام	قابلة للتكرار		100	1	1	1	1
		غير قابلة للتكرار		0	0	0	0	0
	اسلوب انهاء تكرار الاحكام	مفعل		100	1	1	1	1
		غير مفعل		100	1	1	1	1
	حرية اختيار الاحكام	حتمية تطبيق الاحكام	تطبيق اجباري (حتمي)	100	1	1	1	1
			تطبيق غير اجباري (اختياري)	50	0	0	1	1
		عدد الاحكام التي يمكن تطبيقها في المرة الواحدة	حكم واحد	100	1	1	1	1
			مجموعة محددة من الاحكام	75	1	1	1	0

8 – النتائج:

تنوعت النتائج من حيث قيم المتغيرات التي تم القياس على اساسها وكما ياتي:

- ان نسبة (75%) من الاحكام التي تم تناولها في الدراسة تعود مرجعيتها الى الطبيعة في حين ان(25%) منها والتي تمثلها قواعد التشكيل، تمتاز باعتماد تصاميم العمارة السابقة, بالإضافة الى مبادئ الهندسة المجسمة وحدس المصمم كمرجع لأحكامها.
- ان اساليب تمثيل الاحكام كانت عبارة عن رموز في (100%) من الانظمة المتناولة في الدراسة, وفي (50%) منها كانت اشكال وعلاقات تجاور وفي (75%) منها اعتمدت الاحرف والارقام, في حين مثلت العلاقات الحيزية (25%) من مجموع اساليب تمثيل الاحكام كما في احكام قواعد التشكيل.
- ان نسبة (100%) من الانظمة قيد الدراسة تمتلك احكام انتاج توليدية تتمثل بأحكام الاستبدال بأنواعها، وتشترك جميعها بنسبة (100%) في الحاجة الى احكام انتاج

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

مساندة عند استخدام اكثر من نظام في عملية التوليد، بينما يمتلك (75%) من هذه الانظمة احكاما للوصف والتفسير.

- ان نسبة (100%) من الاحكام لها مجموعة من الاجراءات المضمنة في الحكم كالعمليات المنطقية والحسابية والترابطات البارامترية في حين تمثلت التحولات الاقليدية بكونها يمكن ان تكون مضمنة في(50%) من الاحكام في مقدمتها احكام قواعد التشكيل.
- ان نسبة (100%) من الاحكام قيد الدراسة تمتاز باسلوب التطبيق المتوازي في حين ان (25%) منها تمتاز باسلوب التطبيق المتتابع, كما في احكام قواعد التشكيل.
- ان نسبة (100%) من الاحكام قيد الدراسة امتازت بكونها قابلة للتكرار.
- ان نسبة(100%) من الاحكام قيد الدراسة امتازت بكون عملية تكرار الاحكام فيها قد تكون مفعلة او غير مفعلة.
- ان نسبة (100%) من الاحكام قيد الدراسة امتازت بكونها احكاما حتمية , في حين ان (50%) من هذه الاحكام يمكن ان تكون غير حتمية , كالاحكام في قواعد التشكيل ونظام لندنماير.
- ان نسبة (100%) من الاحكام قيد الدراسة امتازت بإمكانية تطبيق حكم واحد في كل مرة , في حين امتازت (75%) من هذه الاحكام بإمكانية تطبيق مجموعة محددة من الاحكام في المرة الواحدة, والتي تمثلها كل الاحكام قيد الدراسة باستثناء الاحكام في قواعد التشكيل.

9-الاستنتاجات:

قدمت النتائج اعلاه اجابة عن تساؤل البحث عن مدى انعكاس التباين بين الأنظمة الخوارزمية القائمة على الأحكام على كل من خصائص الأحكام وأسلوب عملها, اذ تبين إن التباين بين المناهج الخوارزمية القائمة على الأحكام ينعكس بشكل طفيف على خصائص الأحكام وأسلوب عملها اذ يغلب التماثل بينها في معظم المتغيرات الثانوية التي تم القياس على اساسها. وقد تمحورت اوجه التشابه بين خصائص الاحكام في الأنظمة الأربعة في كل من: اعتماد الرموز في تمثيلها، واعتماد أحكام الاستبدال في التوليد بالإضافة الى التماثل في الإجراءات المضمنة فيها. بينما يتماثل أسلوب عمل الأحكام في الأنظمة الأربعة من حيث إمكانية تكرار الأحكام وأسلوب إنهائها. في حين اظهرت قواعد التشكيل نوعا من التفرد في بعض خصائص الاحكام وبشكل خاص في مرجعية أحكامها الى تصاميم العمارة السابقة.

ومن الجدير بالذكر أن هذه الاستنتاجات بنيت على أساس تعريف متغيرات رئيسة محدودة وهي خصائص الأحكام وأسلوب عملها, وعليه فإن إعادة البحث باعتماد متغيرات أخرى قد يظهر نتائج مخالفة. يضاف الى ذلك أن الاستنتاجات بنيت على أساس المقارنة بين أربعة أنظمة خوارزمية توليدية، وعليه للتأكد من مصداقيتها يمكن إعادة إنجاز البحث باعتماد عدد أكبر من المناهج.

المصادر:-

References :

1. Abdalla, M. M. "Applications of the Cellular Automata Paradigm in Structural Analysis and Design". Doctor Thesis, the Delft University of Technology, Delft, Netherlands , 2004.
2. Alfaris, A. " Emergence Through Conflict The Multi-Disciplinary Design System (MDDS)", Doctor Thesis, MIT,USA ,2009.
3. Al-kazzaz , D. , Bridges, A. & Chase, S. " Shape grammars for innovative hybrid typological design", Proceeding of the 28th International Conference on Education and Research in Computer Aided Architectural Design in Europe, ETH Zurich, pp.187-195, 2010.
4. Anzalone, P. & Clarke, C. " Architectural Applications of Complex Adaptive Systems", Annual Conference of the Association for Computer Aided Design In Architecture / ISBN 1-880250-12-8] Indianapolis (Indiana) 24-27 October 2003, ACADIA 03_042 , pp. 325-335 , 2003.
5. Asojo, A. "Design Algorithms After Le Corbusier". ACADIA Quarterly, volume 19,pp. 17-24, 2000.
6. Chakrabarti, A. , Shea, K. , Stone, R. , Cagan, J. , Campbell, M. , N. V. Hernandez, M. & Wood, K. L. "Computer-

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

Based Design Synthesis Research: An Overview" ,Journal of Computing and Information Science in Engineering, 11(2): 021003 (10 pages),Jun 2011. https://doi.org/10.1115/1.3593409

7. Chang, S.K. " Data structures and algorithms" ,World Scientific River Edge, London , (2003).
8. Chomsky, N. " Syntactic Structures". Walter de Gruyter. New York, 2002.
9. Chouchoulas, O. "Shape Evolution: An Algorithmic Method for Conceptual Architectural Design Combining Shape Grammars and Genetic Algorithms", PhD thesis ,Centre for Advanced Studies in Architecture Department of Architecture and Civil Engineering, University of Bath. Somerset, United Kingdom, 2003.
10. Coates, P. S. & Carranza, P. M. "Swarm modeling: The use of swarm intelligence to generate architectural form". In Generative art. Conference Paper , 3rd International Conference on Generative Art, Milan, 2000.
11. Colakoglu, M. B. "Design by grammar : Algorithmic design in an architectural context", PhD Thesis ,MIT, 2001.
12. Cudzik, J. & Radziszewski, K. "Artificial Intelligence Aided Architectural Design", AI FOR DESIGN AND BUILT ENVIRONMENT - Volume 1 - eCAADe 36,pp.77-84 ,2018.
13. Duarte, J.P. " A discursive grammar for customizing mass housing: the case of Siza's houses at Malagueira ", Automation in Construction 14, pp. 265–275, (2005).
14. El Daly, M. " Revisiting Algorithms in Architecture Design "Towards New Computational Methods", Thesis of Doctor in Architecture. Ain Shams University. Egypt ,2009.
15. El-Khaldi, M. "Mapping Boundaries of Generative Systems for Design Synthesis" , Master Of Science In Architecture Studies, Massachusetts Institute Of Technology, USA , 2007.
16. El-Zanfaly, D.E. "An Algorithmic approach to Digital Architectural Design: A Generative Design System for Modular housing", Master's Thesis in Architecture, Alexandria University, 2009.
17. Fernandes, R. " Generative Design: a new stage in the design process", Master's Thesis in Architecture, Tecnico lisboa, Portugal,2012. https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/
18. Flake, G. W. "The Computational Beauty of Nature: Computer Explorations of Fractals, Chaos, Complex Systems and adaptation" (Cambridge, The MIT Press, 1998), pp.229-258.
19. Gu, N. , Singh, V. & Merrick, K. " A FRAMEWORK TO INTEGRATE GENERATIVE DESIGN TECHNIQUES FOR ENHANCING DESIGN AUTOMATION", the 15th International Conference on Computer-Aided Architectural Design Research in Asia, CAADRIA, pp. 127–136, 2010.
20. Guo, Z. & Li, B. "Evolutionary approach for spatial architecture layout design enhanced by an agent-based topology finding system" Frontiers of Architectural Research(2017) 6, pp.53–62.
21. Hemberg, M. , O'Reilly, U. M. , Menges, A. , Jonas, K. , Goncalves, M. C. and Fuchs, S. " Genr8: Architects' experience using an emergent design tool". Chapter - Part of the Natural Computing Series book series (NCS) In Penousal Machado and Juan Romero, editors, The Art of Artificial Evolution, pp. 167-188. Springer, 2007.
22. Hou, D. & Stouffs, R. " An algorithmic design grammar for problem solving " Automation in Construction 94, pp.417-437, august (2018).
23. Humppi, H. " Algorithm –Aided building Information Modeling :Connecting Algorithm-Aided Design and Object-Oriented Design", Master's Thesis, Tampere University of Technology ,School of Architecture, Finland, 2015.
24. Kalay, Y.E. " Architecture's New Media: Principles, Theories, and Methods of Computer-Aided Design",1st ed. Cambridge, MA: The MIT Press, 2004. http://books.google.iq.
25. Kazemi, M. & Borjian, B. " Algorithmic Approach Functions in Digital Architecture and its Effect on Architectural Design Process". European Online Journal of Natural and Social Sciences; Vol.3, No.3, pp.508-516, 2015.

www.manaraa.com

26. Knight , T.W. " 2. Designing with Grammars", CAAD futures Digital Proceedings , PP.33-48, 1991.
27. Knight, T. W. "Shape grammars and color grammars in design," Environment and Planning B: Planning and Design 21, (1994 a): 705-735
28. Knight, T. W. "Transformations in Design: A formal ap¬proach to stylistic change and innovation in the visual arts", Cambridge University Press, Cambridge. 1994.
29. Knight, T.W. " Languages of Designs: From Known to New" , Environment and Planning B,V.8, pp. 213-238, 1981.
30. Knight, T.W. "Applications in architectural design, and education and practice", Report for the NSF/MIT Workshop on Shape Computation, MIT Cambridge, 1999.
31. Koenig, R. "Generating urban structures: a method for urban planning supported by multi-agent systems and cellular automata". Przestrzeń i Forma, nr 16; pp.353-376, 2011.
32. Krispel, U. , Schinko, C. & Ulrich, T. " The Rules Behind- Tutorial on Generative Modeling" Proceedings of Symposium on Geometry Processing / Graduate School. Vol 12, pp. 1–49. July 2014 .https://www.researchgate.net/publication/264011262
33. Li, A.I. "A shape grammar for teaching the architectural style of the Yingzao fashi", Doctor Thesis, Massachusetts Institute of Technology, USA. 2001 .
34. Liew, H. "Descriptive conventions for shape grammars" ACADIA 2002: thresholds. Proceedings of the 2002 annual conference of ACADIA, pp. 365-378 ,(2002).
35. Loomis B. A. " A note on generative design techniques: SGGA a user driven genetic algorithm for evolving non-deterministic shape grammars", web paper, 2001.
36. Mitchell, W.J. " The Logic of Architecture: Design, Computation, and Cognition". Cambridge, MA: The MIT Press, 1990.
37. Mohamed, M.S. " CREATIVE APPROACH TO DESIGN FORMULATION SHAPE GRAMMARS AS A TOOL IN ARCHITECTURE DESIGN ANALYSIS AND SYNTHESIS". Master Thesis, Alexandria University ,Egypt, 2005.
38. Montiel, M. Ruiz- , Boned, J. , Gavilanes, J. , Jiménez, E. , Mandow, L. , Pérez-De-La-Cruz, J.L. "Design with shape grammars and reinforcement learning", Adv. Eng. Inform.27 (2) (2013), pp. 230 –245. 10.1016/j.aei.2012.12.004
39. Österlund, T. " Design Possibilities of Emergent Algorithms for Adaptive Lighting System", Nordic Journal of Architectural Research, PP. 159-184, 1–2013.
40. Oxman, R. "Theory and design in the first digital age", Design Studies,27:3;pp. 229-65 , 2006.
41. Prakash, A., Shekhawat, H. & Goyal, G. " Visual Calculation Through Shape Grammar In Architecture ". International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET) Volume: 04 Issue: 11, pp.293-301, Nov -2017
42. Prusinkiewicz, P. & Lindenmayer, A. " The Algorithmic Beauty of Plants", New York: springer -verlag,1990.
43. Reynolds, C. W. "Steering Behav¬iors For Autonomous Characters", In: Yu, A. ed., Proceedings of the 1999 Game Developer's Conference, San Francisco: Miller Freeman, pp. 763–782, 1999.
44. Reynolds, C. W. "Flocks, herds and schools: A distributed behavio¬ral model", International Conference on Computer Graphics and Interac¬tive Techniques, SIGGRAPH, ACM 21 (4), pp. 25–34, 1987.
45. Sarwate, P. & Patil, A. ,"Generative Algorithm for Architectural Design Based on Bio mimicry Principles", International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology, Vol. 5, Issue 8, pp. 15232-15240, August 2016.
46. Singh, V. & Gu, N. "Towards an integrated generative design framework", Design Studies, Vol 33, No. 2, PP. 185-207, March 2012.
47. Speller, T.H. , Whitney, D. & Crawley, E. " Using Shape Grammar to Derive Cellular Automata Rule Patterns ", Complex Systems, 17 (2007),PP. 79–102 ,2007.
48. Stiny, G. "SHAPE: Talking about Seeing and Doing". The MIT Press, Cambridge, Massachusetts - London, England ,2006.
49. Stiny, G. & Gips, J. " Shape grammars and the generative specification of painting and Sculpture"Republished in O R Petrocelli (ed.) The Best Computer Papers of 1971 (Auerbach, Philadelphia, 1972)pp. 125-135, 1972.
50. Stiny, G. "Introduction to shape and shape grammars" Environment and Planning B, volume 7, pp. 343-351, a 1980.

www.manaraa.com

51. Terzidis , K. "Algorithmic architecture", Published by Elsevier Ltd. All rights reserved, 2006.
52. Terzidis, K." Algorithmic design: a paradigm shift in architecture", architecture in the network society. In: 22nd eCAADe Conference Proceedings, Copenhagen, pp. 201–207, 2004.
53. Trescak, T. , Rodriguez, I. & Esteva, M. " General Shape Grammar Interpreter for Intelligent Designs Generations", In 2009 Sixth International Conference on Computer Graphics, Imaging and Visualization, pp. 235—240, August 2009. https://www.researchgate.net/publication/221592107
54. Wojtkiewicz, S. "Generative Systems in architecture design",XVII Generative Art Conference – GA 2014,pp.334-346, 2014.
55. Wolfram, S. A "New Kind of Science", Champaign: Wolfram Media Inc., 2002

Comparing the Rules in Digital Algorithmic Generation Methods for Architectural Designs

Aseel Ibrahim AL-Habeeb
aseel.ibraheem@yahoo.com

Dhuha Abdulgani Al-kazzaz
dhuha_kazzaz@yahoo.com

Architecture Engineering Department, College of Engineering, University of Mosul

***Abstract*:-**

The paper deals with digital generative algorithmic systems. Its aim is to investigate the extent to which the difference between rule-based algorithmic systems affects the definition of rules themselves. To achieve this aim, the paper put forward a theoretical framework of rule-based systems including the characteristics of rules, and the way they work. The framework was adopted as a basis for the comparison of four common rule-based algorithmic design approaches in architecture. They are Shape Grammars, L-systems, Cellular Automata, and Swarm Intelligence Algorithm. The results showed that the differences between the rule-based algorithmic systems are slightly reflected in their rules. The similarities are identified in many rule's properties and their way of work such as: using symbols in the representation of rules, using substitution rules in the generation process, using the same procedures included in rules, the possibility of rule's repetition and rule's termination. However, shape grammars showed some individuality, especially in the reference of rules to architectural precedents.

Key words:

Digital Algorithmic Architectural Design، Generative Design، Rule-Based Algorithmic Design

www.manaraa.com