Digital Algorithmic Generative Method of Case-based Design
The generation of Primary School Plans as a Case Study

Aseel Ibrahim AL-Habeeb **Dhuha Abdulgani Al-kazzaz**

Department of Architecture, University of Mosul, Mosul- Iraq.

aseel.ibraheem@yahoo.com dhuha_kazzaz@yahoo.com

Submission date:- 21/7/2019	Acceptance date:- 5/1/2020	Publication date:- 13/3/2020

Abstract:

The use of programming languages in the field of architecture has strengthened the digital algorithmic approaches in the architectural design, which their main benefits lie in the possibility of rapid and easy generation of a wide range of design solutions. The generation and evaluation of more design solutions lead to more informed design decisions and the selection of the appropriate solution.

The research adopted the digital algorithmic approach to generating architectural plans and investigates the possibility of using the visual programming applied in Grasshopper, the (plug-in) of Rhinoceros software. Its aim was to create and implement an algorithm prepared by researchers, which depends on a specific data in producing new designs for typical buildings plans, such as schools, without the use of ready software in the generation process.

The research sought to obtain a number of alternative plans according to the user inputs. It hypothesized that the variation in the design inputs contributes effectively to the plurality of the generated design options.

The findings verified that the method was feasible regarding the problem with specific data under consideration. In addition, it showed the efficiency of the generative algorithm approach in producing various designs that meet the different inputs of the user.

Key words: Digital algorithmic design, Generative design, Floor plans generation, Case-based design.

Journal of University of Babylon for Engineering Sciences by *University of Babylon* is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

المنهج الرقمي الخوارزمي التوليدي للتصميم القائم على الحالة السابقة
توليد مخططات المدارس الإبتدائية بوصفها حالة دراسية

اسيل ابراهيم خليل الحبيب **ضحى عبد الغني القزاز**

قسم هندسة العمارة، جامعة الموصل، موصل–العراق

dhuha_kazzaz@yahoo.com aseel.ibraheem @yahoo.com

الخلاصة:

أدى توظيف لغات البرمجة في مجال العمارة الى تعزيزالمناهج الخوارزمية الرقمية في التصميم المعماري، والتي تكمن اهم فوائدها في إمكانية التوليدالسريع واليسيرلمجموعة واسعة من الحلول التصميمية. إذ كلما ازداد عدد الحلول التي يمكن توليدها وتقييمها، كانت القرارات التصميمية وعملية اختيار الحلولالملائمة أكثر استنارة ودعما.

يتبنى البحث المنهج الخوارزمي الرقمي في توليد المخططات المعمارية، ويتحرى عن إمكانية استخدام البرمجة البصرية المطبقة في Grasshopperالملحق ببرنامج Rhinoceros لإنشاء وتنفيذ خوارزمية معدة من قبل الباحثين، تعتمد حالة توليد محددة المعطياتفي إنتاج تصاميم جديدة لمخططات أبنية ذات طابع نمطي كالمدارس، من غير استخدام برمجية حاسوبية جاهزة في عملية التوليد.إذ يهدف البحث الى الحصول على عدد من البدائل وحسب ادخالات المستخدم المتاحة، ويفترض البحث أنالتنويع في المدخلات يسهم بشكل فاعل في تنويع وتعدد الخيارات التصميمية المتولدة.

وقد أظهرت النتائج ان الطريقة كانت مجدية فيما يتعلق بالمشكلة ذات المعطيات المحددة قيد الدراسة، اضافة الى كفاءة المنهج الخوارزمي التوليدي في إنتاج تصاميم متنوعة تلبي المدخلات المتباينة للمستخدم.

الكلمات الدالة: التصميم الخوارزمي الرقمي، التصميم التوليدي، توليد المخططات، التصميم القائم على الحالة السابقة.

1.المقدمة: المنهج الخوارزمي الرقمي في التصميم المعماري

لقد أصبح الحاسوب من أساسيات الحياة المعاصرة وانعكس هذا على العمارة في مراحلها المختلفة من تصميم وإظهار وغيرهما من تقنيات التصميم المعماري. ويعد التصميم الرقمي أحد القضايا التي لاقت تشجيعا واسعا في السَنَوات الأخيرة، اذ استُخدمت الاوساط الرقمية أولاً كمنصة برمجية لعرض التصاميم، ثمّ طُورت لتستخدم كأداة في عملية التصميمِ المفاهيمي[1] conceptual design] [1, p.512.ويشيرHansmeyer، باعتباره احد رواد التصميم الخوارزمي الرقمي، الى ان المصمم في عملية التصميم الخوارزمي، لم يعد يستخدم القلم ليطور نموذجًا على الورق، أو يطوره عن طريق الفارة في برنامج CAD، ولكنه بدلاً من ذلك يحدد إجراءات إنشاء النموذج. ويبين Hansmeyer ان نقل عملية التصميم الى هذا المستوى التجريدي له تأثير كبير على عملية التصميم، اذ يمكن إنشاء آلاف المتغيرات من نموذج ما وتطويرها في المستقبل بشكل متوازٍ. ويمكن لعملية واحدة أن تنشئ مجموعة كبيرة من النماذج، التي يمكن تطويرها من خلال عمليات توليد عديدة[الانترنت, 1] .

1.1.اهمية المنهج الخوارزمي الرقمي واثره في التصميم المعماري

ويعد منهج التصميم الخوارزمي الرقمي في العمارة كأحد أكثر مناهج إنتاج التصميم كفاءة وتفوقا مقارنةً بالمناهج الإنتاج الأخرى، وتتمثل كفاءته في قدرة المصمم على التحكم في العملية التصميمية بأكملها خطوة بخطوة، والسماح له بالسيطرة على جميع المتغيرات في وقت واحد، لتوفير الامكانيات لتصميم النماذج المعقدة اضافة الى امكانيات التصميم على نطاق واسع [1,p.515]. إذ يتسم المنهج بالسرعة والقابلية على اعادة انتاج التصاميم بصورة تكرارية، وامكانية التحكم في التصميم وإنتاج عناصر التصميم وتنقيحها وتقييمها كميًا، كالأشكال الجيومترية ومتغيرات التصميم وهياكل البيانات [2]. اذ يمكن باستخدام هذه الأنظمة الخوارزمية

[1] التصميم المفاهيمي هو مرحلة مبكرة من عملية التصميم، حيث يتم توضيح الخطوط العريضة لوظيفة وشكل التصميم.

ttps://en.wikipedia.org › wiki › Conceptual_design

انتاج بدائل تصميمية لتصميم معين، اول نمط معمار يمعين، اول تصميم وإنتاج ت التكوينات المعمارية المعقّدة، فيدقائق معدودة وبهذا فهي توفر الجهد والوقت والمال وتوفر عدد كبير من البدائل وتوفر بيئة واسعة للإبداع.

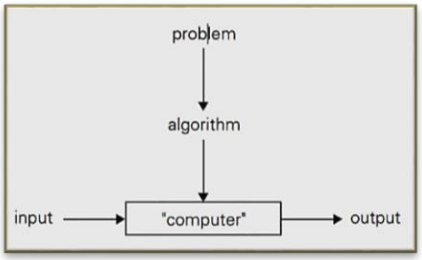
2.1 اهمية المنهج الخوارزمي الرقمي في مراحل عملية التصميم

وبين El–Daly اهمية المنهج الخوارزمي الرقمي من حيث امكانية استخدامه في مراحل متعددة لعملية التصميم منها مرحلة توليد التصاميم ومرحلة التقييم ومحاكاة الاداء ومرحلة تحسين التصميم وغيرها [3, p.130].

واشارWojtkiewicz أيضاالى امكانية استخدام المنهج الخوارزمي الرقمي في مراحل التصميم المبكرة، في عملية توليد Generating الحلول التصميمية وتحليلهاAnalysis. وبين ان عملية توليد الحلول تكون مبنية على اسس محددة لتوليد بدائل للحلول، بينما تقدم عملية التحليل الوسائل لتقييم هذه البدائل، واشار الى ان التكامل بين انظمة التوليد وانظمة التقييم يؤدي الى مجموعة أكبر من البدائل الممكنة[4] . واشارت دراسة Belém&Leitão الى عدة مستويات لاستخدام المنهج الخوارزمي الرقمي في عملية التصميم المعماري،وهي التصميم الخوارزمي Algorithmic Design (AD) والتحليل الخوارزمي Algorithmic Analysis(AA)و التحسين الخوارزمي (Algorithmic Optimization[5][(AO.

3.1 تعريف الخوارزميات والمنهج الخوارزمي

سميت الخوارزمية algorithm بهذا الاسم نسبة إلى العالم الخوارزمي الذي ابتكرها في القرن التاسع الميلادي، وعلى الرغم من عدم وجود صياغة متفق عليها عالميا لوصف المنهج الخوارزمي، إلا أن هناك اتفاقا عاما حول معنى هذا المفهوم، حيث تعرف الخوارزمية على انها سلسلة من الإرشادات الواضحة لحل مشكلة ما للحصول على الناتج المطلوب لأي مدخلات منطقية (مشروعة legitimate) في مدة محدودة[6, p.3] . ويمكن توضيح هذا التعريف في الشكل (1).



الشكل (1) توضيح مفهوم الخوارزمية[6, p.3] .

و الخوارزمية هي الفكرة وراء أي برنامج حاسوبي عقلاني،ويمكن تعريفها على انها إجراء يأخذ أي من حالات الإدخال الممكنة (possible input) ويحوله إلى الناتج المطلوب([7,p.3]output).

وفي ميدان العمارة يعرفHumppi الخوارزمية على انها مجموعة محددة من القواعد أو التعليمات لحل مشكلة[8,p.141]، حيث يمكن للمصمم إنشاء قواعد تحدد بارامترات الكائناتObjects، ويمكن إنشاء وتعديل التصميم من خلال القواعد التي حددها المصمم والتي تحدد النموذج التصميمي من خلال لغات البرمجة النصية2.[8, pp. 63,132] . وبناء عليه، فإن المصمم في هذه العملية لا ينتج نموذجا افتراضيا لكنه يرتب مجموعة من القواعد وينظم الخوارزمية التي استنادا إلى طريقة عملها يتم إنشاء شكل العمارة[1, p.510] .

4.1.تاريخ استخدام الخوارزميات في العمارة

ان استخدام الخوارزميات ليس جديدا في مجال العمارة ويمكن أن يرجع إلى وقت لم تكن أجهزة الحاسوب موجودة فيه. وعلى مدار تاريخ التصميم، تمّ إستخدام الخوارزميات المتمثلة بالإرشادات والقواعد المعمارية وعلى نطاق واسع [1,p.510]. على سبيل المثال الخوارزميات التي تعد جزءا لا يتجزأ من قواعد تصاميم Paladioالمتمثلة بتسلسل محدد من الخط وات وعقلانية العملية التصميمية، مع التعليمات المحددة [9]. واعمال Durandفي بدايات القرن التاسع عشر التي تعدّ مثالا جيدا على التصميم بواسطة القواعد. وفي فترة الحداثة كانت الاعمال المقيسة ومبادئ التصميم الخمسة لليكوربوزيه مثالا على استخدام قواعد الشكل لإنتاج تصاميم متعددة تستند الى قواعد محددة. وفي العقود الأخيرة، بدأ المعماريون بإعادة النظر في الخوارزميات لجعل الحاسوب يساعد في انشاء

أشكال معقدة عن طريق قواعد معينة تجعل العمارة تلبي معايير التصميم[3,P.iii]. وفي عمليةِ التصميم الرقمية، يعتبرKotnikأن التركيز في التصميم الخوارزمي يكون على تطوير منطق التصميم الحسابي، الذي هو تسلسل جبري وتحليلي وعمليات هندسية لتنظيم وادارة البيانات وترجمتها إلى الخصائص المعمارية.[10, p.9]

2.التوليد الرقمي للمخططات المعمارية:-

لقد كان المعماريون فيما مضىمترددين في أتمته توليد المخططات في عمليات التصميم الخاصة بهم، على الرغم من نجاح استخدام الاتمتة في مجالات أخرى من عمليات تصميم المبنى. اضافة الى رفض الممارسين في مجال التصميم استخدام أي تدابير حسابية في عملية التصميم الإبداعي. ولكن لوحظ في الآونة الاخيرة ان الاقبال بدا يتزايد على استخدام الاتمتة في إيجاد الحلول لمشاكل توليد المخططات وترتيب الفعاليات والتي تتعامل مع مشاكل التصميم المفاهيميconceptual design. إذ يتعامل البعض منهم فقط مع الجوانب الطوبولوجية للمخطط بينما يستخدم آخرون توليد النماذج كاملة لإلهام المصممين من اجل المزيد من التطوير.

يعدّ توليد المخططات المعمارية رقميا أحد التطبيقات المهمة للمنهج الرقمي في العمارة. ويمكن تعريف عملية توليد المخططات رقميا (حاسوبيا)Computational Floor Plan Generation باختصار على أنها مهمة الكشف عن ترتيب الكائناتobjects1 المحددة او المعرفة، والتي تحسب المسافات بينها وفقًا لعلاقات التجاور المحددة او المعطاة [11, p.241]. وان المشكلات المتعلقة بتوليد المخططات غالبًا ما تكون غير محددة جيدًا بما فيه الكفايةill–defined، ولا يوجد عادة حل واحد للمشكلة التصميمية، ولكن هناك العديد من الحلول الممكنة] .وفي هذا النوع من المشكلات فان المصمم يحتاج إلى معالجة الخصائص الطوبولوجية topological properties (كيفية تحديد العلاقات بين العناصر الفردية في المخطط[12, p.115]) بطريقة ما، والخصائص الجيومترية geometric properties (كيفية تحديد أبعاد العنصر)[12, p.116] .

يعد البحث محاولة لتبن يانظمة التصميم المعماري التوليدي الخوارزمي الرقمي بهدف تطبيقها في مرحلة التوليد الرقمي لمخططات المباني ذات التصاميم النمطية كالمدارس مثلا.

3. المشاكل الناتجة عن التصميم النمطي للمدارس الابتدائية

تشكّل المباني المدرسية عنصرا مهما لثروات المجتمع، ومصدرا اساسيا لجودة التعليم، فقد أكد الكثير من الباحثين ومخططي التعليم اهمية الارتقاء بنوعية المباني المدرسية لتاثيرها المباشر في تعليم الطلاب وتربيتهم وتطوير قدراتهم على خدمة المجتمع. ومن خلال اجراء زيارة ميدانية لشعبة الابنية المدرسية التابعة لمديرية تربية نينوى، والاطلاع على نوع التصاميم المتوافرة لديهم، تبين ان الجهة المذكورة تعتمد عددا بسيطا من التصاميم المفروضة ، ولا تراعي عوامل الموقع ومعايير تصميم الصفوف في ما عدا عدد الصفوف.

ومن هنا ظهرت الحاجة الى استخدام التقنيات الرقمية لانشاء تصاميم مستمدة من التصاميم النمطية للمدارس قادرة على التكيف مع العوامل المتغيرة مثل ابعاد الموقع وابعاد الصفوف وامكانية اضافة فعاليات اضافية في حالة توفر مساحة كافية وتخصيصات مالية وحسب الحاجة.

وبناءً عليه يتحرى البحث عن امكانية استخدام البرمجة البصرية لإنشاء وتنفيذ خوارزمية معدة من قبل الباحثين في حل مشكلة معمارية جيدة التعريف وهي توليد مخططات نمطية (من غير استخدام برمجية حاسوبية جاهزة في توليد المخططات) مع امكانية الحصول على عدد لا باس به من البدائل وحسب ادخالات المستخدم المتاحة.

4.مشكلة البحث واهدافه وفرضياته

4.1مشكلة البحث:

تتمحور مشكلة البحث حول التحري عن إمكانية تطبيق المنهج التوليدي الخوارزمي الرقمي في إنتاج تصاميم جديدة لمخططات أبنية ذات طابع نمطي كالمدارس.

2.4 اهداف البحث

تمّ تحديد اهداف البحث بما ياتي:

1. توظيف المنهج التوليدي الخوارزمي الرقمي في بناء تطبيق حاسوبي يُستخدم من قبل المصممين خلال مرحلة التصميم المفاهيمي، بحيث يكون قادرا على التوليد الآلي لمخططات أبنية المدارس وفقا للمدخلات المتاحة للمصمم.
2. استخدام البرمجة البصرية لإنشاء وتنفيذ خوارزمية معدة من قبل الباحثين في حل مشكلة معمارية جيدة التعريف وهي توليد مخططات نمطية (من غير استخدام برمجية حاسوبية جاهزة في توليد المخططات) مع امكانية الحصول على عدد لا باس به من البدائل وحسب مدخلات المستخدم المتاحة.

3.4 فرضيات البحث

يعرض البحث الفرضية التالية للتحقق من صوابها:

أن التنويع في المدخلات الى التصميم الخوارزمي التوليدي يسهم بشكل فاعل في تنويع وتعدد الخيارات التصميمية المتولدة.

4.4 منهج البحث:

ولتحقيق هذا الهدف تم تحديد منهج البحث بما يلي:

1. تعريف مناهج التوليد الخوارزمي الرقمي للمخططات المعمارية
2. إختيار المنهج الخوارزمي الرقمي المناسب لتوليد المخططات النمطية.
3. توظيف المنهج في إعداد تطبيق حاسوبي خوارزمي يمكن إستخدامه من قبل المصممين في عملية توليد رقمي لمخططات أبنية المدارس.
4. عرضالإستنتاجات حول فاعلية المنهج الخوارزمي في توليد المخططات.

5.الطرق الحاسوبية لتوليد المخططات المعمارية:

صنّف كلا من(Kalay) و(Koenigand Knecht)اهم الطرق الحاسوبية لتوليد المخططات المعمارية الى الاصناف الاتية [11] [13,p.286]:

- الطرق الاجرائية MethodsProcedural.
- الطرق الحدسيةHeuristic Methods .
- الطرق التطورية EvolutionaryMethods.

ان المناهج الإجرائية والحدسية تشمل الأساليب التي تم تطويرها وفقًا للحدس ووفقا للعادات الاجتماعية والثقافية للإنسان [12، p.117]. بينما تعتمد المناهج التطورية بنيات حسابية أكثر تعقيدًا، وأن عمليات هذه النماذج تتعارض مع الحدس البشري، وهي تمثل إجراءات خوارزمية على مستوى أعلى مصممة لإيجاد حلول لمشاكل التحسين[12, p.118] .

من ناحية أخرى، يشيرRodriguesالى تطوير عدة طرق إجرائية لاتمتة توليد المخططات في العمارة منها ما يدعى بطرق البحث او التعداد الشامل exhaustive enumerationالتي تهدف الى توليد كل المخططات الممكنة تلقائيا. ومن الطرق الإجرائية التي عرضها الباحث[14, pp.8, 9] :

- **Planar edge-connected squares**
- **Rectangle dissection**
- **Proxemics dimensionspacking rectangles**
- **Graph theory**
- **Tree search.**
- **Spacepartitioning.**

إذ تقدم هذه الطرق عددا كبيرا من الحلول وقد لا يكون بالإمكان تعداد جميع الحلول الممكنة لتحديد أفضـــلها (على ســـبيل المثال، في منهجpacking rectangles يمكن أن تنتج ثمانية فضـــاءات أكثر من ألف حل).ففي مواجهة هذه الاســـتحالة العملية، تنازل الباحثون عن التعداد الشـــامل (توليد جميع الحلول الممكنة) وتحولوا إما إلى التقنيات التطوريةEvolutionary القادرة على العمل مع مـ شاكل التـ صميم الغير محددة ill–defined والمعقدة والتي تعتمد على مجموعة من الحلول population للبحث عن حل تصميمي مثالي قريب[15]، أو التحول الى التقنيات الحدسية Heuristic.

وعلى الرغم من ان الطرق التطوريّةEvolutionary Methods قد شغلت الحيز الاوسع في مجال استخدام الخوارزميات في توليد المخططات floor plans generation وترتيب الفعاليات facilities layout، الا ان نوع المشكلة موضع التطبيق والتي تتميز بكونها معرّفة جيدا well–defined تهدف الى توليد مخططات لأبنية ذات طابع نمطي، حيث تعتمد في حلها على التصـــاميم السابقة كمنطلق لعملية توليد البدائل الجديدة هو ما رجّح اختيار المنهج الحدسي الاستقرائي، بخلاف المشاكل الفضفاضةill–defined والتي يكون من المجدي استخدام الطرق التطوريّة في حلها.

وبناء عليه، يتبنى البحث المنهج الحدسي في توليد المخططات لكونه الأقرب الى واقع ممارسة مهنة التصميم المعماري للأبنية النمطية.

1.5.النماذج الحدسية لتوليد المخططات:Heuristic Methods

ان الأساليب الحدسية–على عكس الاساليب الإجرائية – من المحتمل أن تجد حلاً مقبولاً في وقت قصير، ومع ذلك لا يمكنها ضمان عملية بحث شاملة. وهي اساليب تقريبية، اذ تتجنب أن تكون منهجية بشكل صارخ كما هو الحال مع الأساليب الإجرائية، [12،p.133].وغالبًا ما تتأثر هذه الاســـاليب بالمماثلة analogy، وإجراءاتها مبنية على تقليد المعرفة والتقاليد المتراكمة للمهنة المعمارية حول كيفية مواجهة مـ شكلات التـ صميم[11, P.256]. وقد ركزت معظم التطبيقات المبكرة لأساليب البحث الحدسي في العمارة على معالجة مشاكل تنظيم المخططات [16, p.468]. ومن اهم المناهج الحدسية هي:

- الطرق القياسية (التناظرية)Analogical methods
- المنهج القائم على الحالة
- الانظمة الخبيرةExpert Case based systems
- قواعد الشكل Shape Grammars

2.5. اختيار المنهج الحدسي المناسب: التصميم القائم على الحالة السابقة DesignCase based:–

تمّ في هذه الدراسة تبني التصميم القائم على الحالة السابقة (Case–Based Design) وهو منهج تصميمي خوارزميمستمد من العمارة كمـ صدر لإ ستلهام خوارزميات التـ صميم، معتمد االحالات التـ صميمية الـ سابقة من داخل حقل العمارة في توليد البدائل التـ صميمية الجديدة. إذ تـ ستفاد الأ ساليب القائمة على الحالة الـ سابقة من إمكانات الذاكرة الوا سعة لأجهزة الحا سوب. حيث يمكن ا سترجاع معرفة الخبراء، وهي المعلومات التي تم إن شاؤها بوا سطة المعماريين، والمخزنة كحالات تـ صميمية في ذاكرة الحا سوب عند الحاجة من قبل المصمم أثناء تصميم مشروع معين.

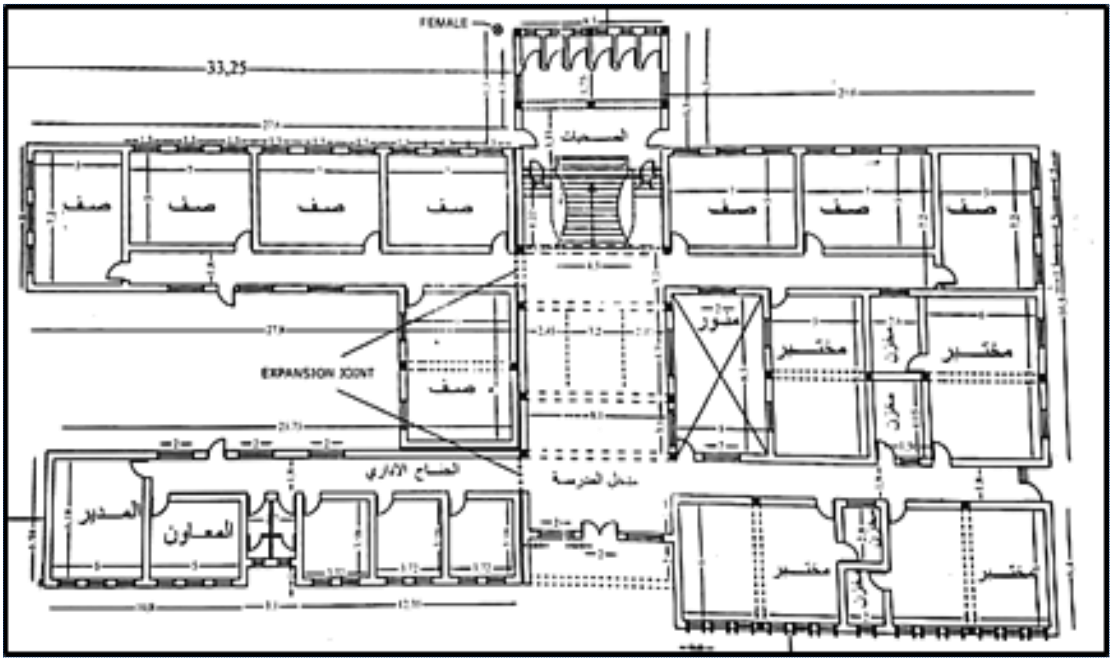
وتتكون الحالات التـ صميمية من تعريف المـ شكلة التـ صميمية والحل والنتيجة. إذ يتم انـ شاء فهرس يمكن ا ستخدامه لا سترداد المعرفة المطلوبة. حيث يمكن للمصمم رسم نوع معين من المخططات التي تمكّن الحاسوب من التعرف عليها، ومن استرداد الحلول المـ شابهة للمـ شكلة من مكتبة الحالات. بمعنى آخر، توفر الطريقة القائمة على الحالة الـ سابقة حلولاً كاملة، ثم يتم تعديل تفا صيلها بوا سطة المعماري لتنا سب المشكلة الراهنة.[12, pp.139–140]

6.الدراسة العملية:إعداد خوارزمية لتصميم مخطط فضائي space layout لمبنى مدرسة إبتدائية

1.6العينات المنتخبة (الحالة السابقةbased–case) : المخطط الأساسي للمدرسةالابتدائية

في هذه الخوارزمية تم اعتماد مبدأ التصاميم الأساسية المعدة مسبقا من قبل وزارة التربية في جمهورية العراق والتي تتألف من قلب مركزي للمبنى يمثل المدخل والموزع الرئيس للحركة في حين تتفرع منه باقي الفضاءات في كتل بنائية بشكل أذرع جانبية

تتوزع فيها الفضاءات على أحد الجوانب او على كلا الجانبين لممر الحركة. إذ يتكون المخطط الأساس من طابقين تتوزع فيها كتل الصفوف والإدارة والمختبرات مع صالة البهو الرئيسة ومجموعة الخدمات الصحية. وكما موضح في الشكل (2).



الشكل (2) يمثل المخطط الاساس للمدرسة (الطابق الارضي).

(المصدر: شعبة الابنية المدرسية– مديرية تربية نينوى)

وقد بينت الجهة المستفيدة المتمثلة ب (شعبة الأبنية المدرسية التابعة لمديرية تربية محافظة نينوى) ان النظام المتبع في المدارس المحلية هو نظام يتراوح في عدد صفوفه بين (12 صفاً او 18 صفاً) وبمعدل (30) طالباً لكل صف اي بواقع (360) طالباً او (540) طالباً للمدرسة الواحدة.

2.6بناء خوارزمية[2] لتصميم مخططات المدارس:

تمّ في هذه الدراسة اعتماد قاعدة بيانات للحالات السابقة متمثلةبعدد من المخططات الموضوعة من قبل وزارة التربية العراقية اضافة الى امثلة محلية وعربية مماثلة، هذا بالإضافة الى اعتماد بعض المراجع المتعلقة بأهم المعايير التصميمية الخاصة بتصميم الابنية المدرسية للمرحلة الابتدائية وبواقع عدد طلاب يتمثل ب(360 طالبا او 540 طالبا).وتجدر الملاحظة هنا أنالبحثلم يعتمد برمجية جاهزة خاصة بالمنهج التصميمي القائم على الحالة السابقة، بل تم إعداد خوارزميات تصميمية من قبل الباحثين لإنشاء عدد من البدائل للمخطط الأساسي للمدارس الابتدائية، والمعتمد من قبل مديرية التربية في محافظة نينوى.

[2] ان الخوارزمية المصممة في هذه التجربة مرنة جدا بحيث ان من الممكن اضافة بدائل اخرى في حالة تم طلبها من قبل الجهة المستفيدة او اضافة فعالية اخرى، او توقيع بعض الفضاءات والفعاليات في الطابق الاول بدلا من الطابق الارضي وبهذا فان هذه الخوارزمية المقترحة مفتوحة لاضافة المزيد من الخيارات.

وتمّ توظيف هذه الخوارزميات في بناء تطبيق حاســـوبي قادر على إنتاج مخططات لأبنية المدارس الابتدائية بحيث يمكن استخدامه من قبل المصممين في الجهات ذات العلاقة (مديريات التربية) وفقا لخيارات محدودة تمثل مدخلات الخوارزميات. وإعتمد البحث خوارزميات على شكل خطوات steps تمّ وضعها من قبل الباحثين.

تم تطبيق الخوارزمية في برمجية Grasshopper وهي برمجيةملحقة (plug–in) ببرنامج الر سم والاظهار الثلاثي الابعاد Rhinoceros.

ويمكن تصنيف الخوارزميات المستخدمة في هذه التجربة تبعا لنوع مدخلاتها ومخرجاتها وطبيعة عمليات المعالجة فيها الى ثلاث مجموعات، وهي كالاتي:

المجموعـــــة الاولـــــى: خوارزميـــــات لتوليـــــد البـــــدائل التصـــــميمية للمخططـــــات Generative. Algorithms

المجموعة الثانية: خوارزميات الاختيار Selection Algorithms.

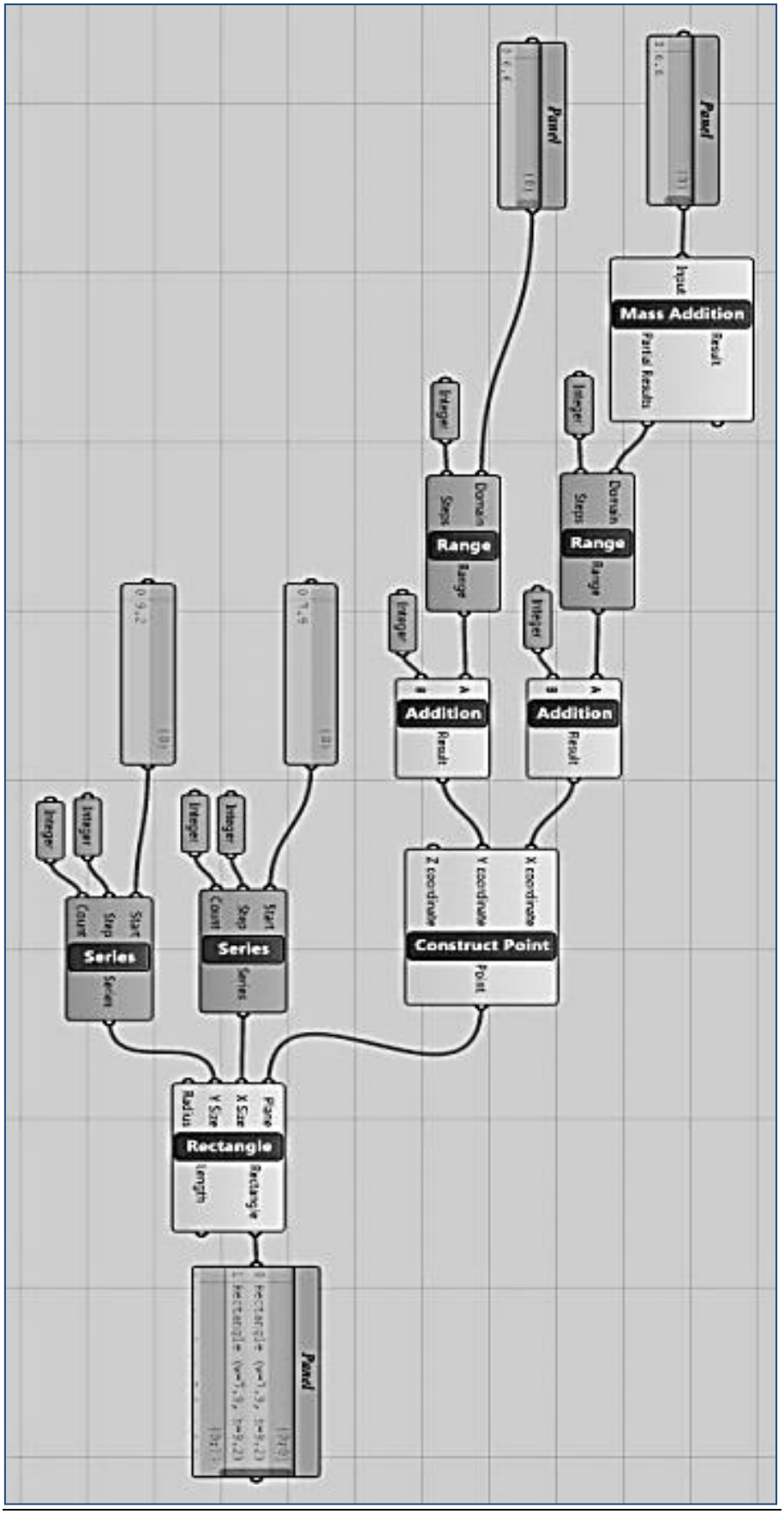
المجموعة الثالثة: خوارزميات تفعيل البدائل Activation of alternatives.

وســـيتم في الفقرات التالية تقديم تعريف بكل منهذه الخوارزميات الثلاثة.إذ يعرّف البحث هذه الخوارزميات بدلالة نوع المدخلات والعملية الخوارزمية ونوع المخرجات.

1.2.6: خوارزميات توليد البدائل التصميمية للمخططات GenerativAlgorithms:

تمثل خوارزميات توليد البدائل التصميمية مجموعة من الخوارزميات التي تنتج التصميم نفسه، مع بعض الفروقات الطفيفة فيما بينها والمتعلقة بعملية حساب البيانات الخاصة بتوقيع البدائل في شاشة العرض.

ويمثل الشكل (3) تمثيل بياني لأحدى الخوارزميات الرئيسة المعتمدة في انشاء البدائل.



الشكل (3) تمثيل بياني حاسوبي لأحدى الخوارزميات الرئيسة لأنشاء البدائل. (المصدر: الباحثان)

1.1.2.6 مدخلات خوارزميات التصميم

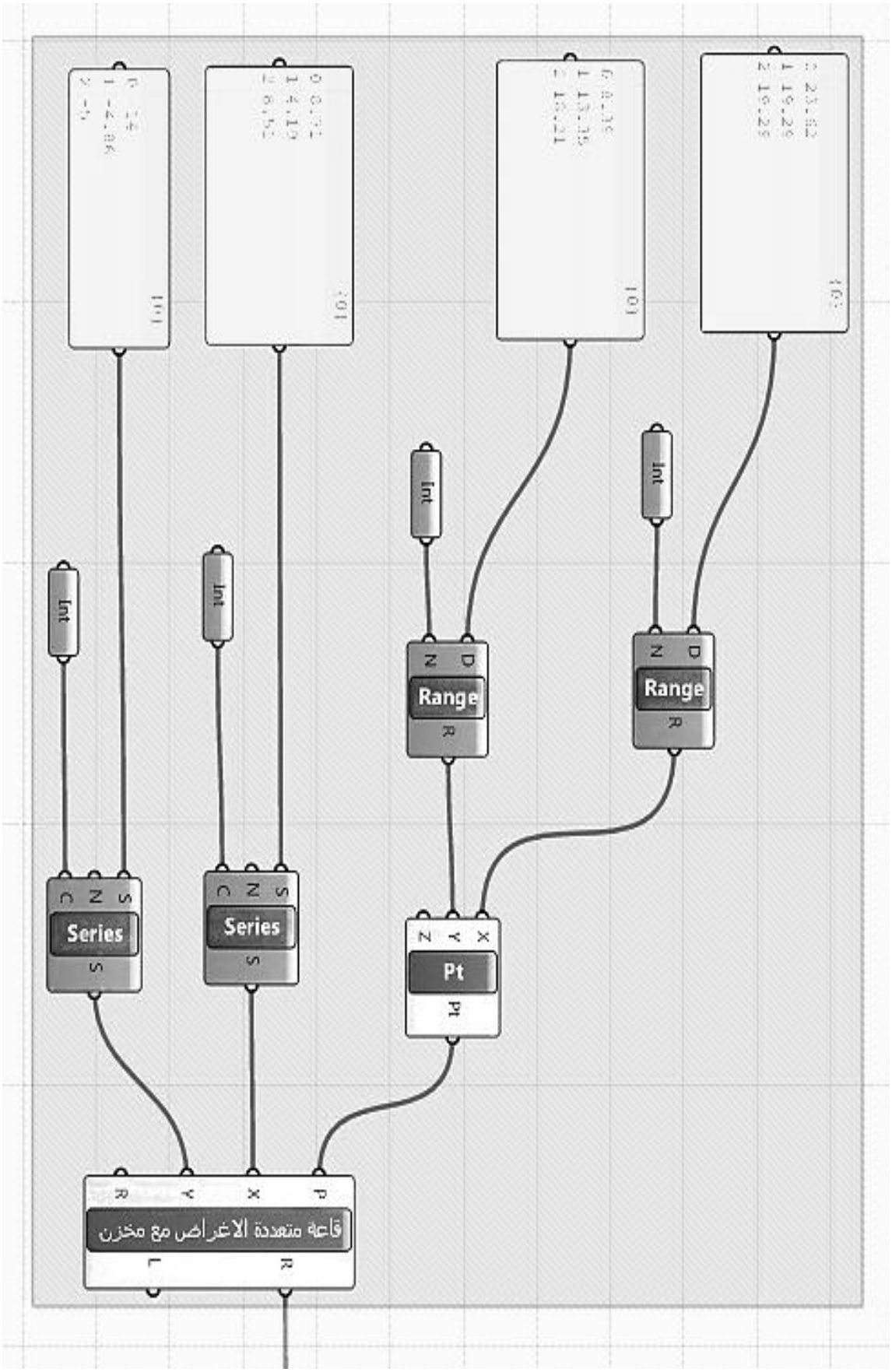
تمتاز المدخلات الى خوارزميات التصميمبما يلي:

انها عبارة عن مجموعة من البيانات(Data) الخاصـــة بأبعاد الفضـــاءات ومواقعها والتي تمّ إدخالها من قبل مصـــمم الخوارزمية (الباحثان).

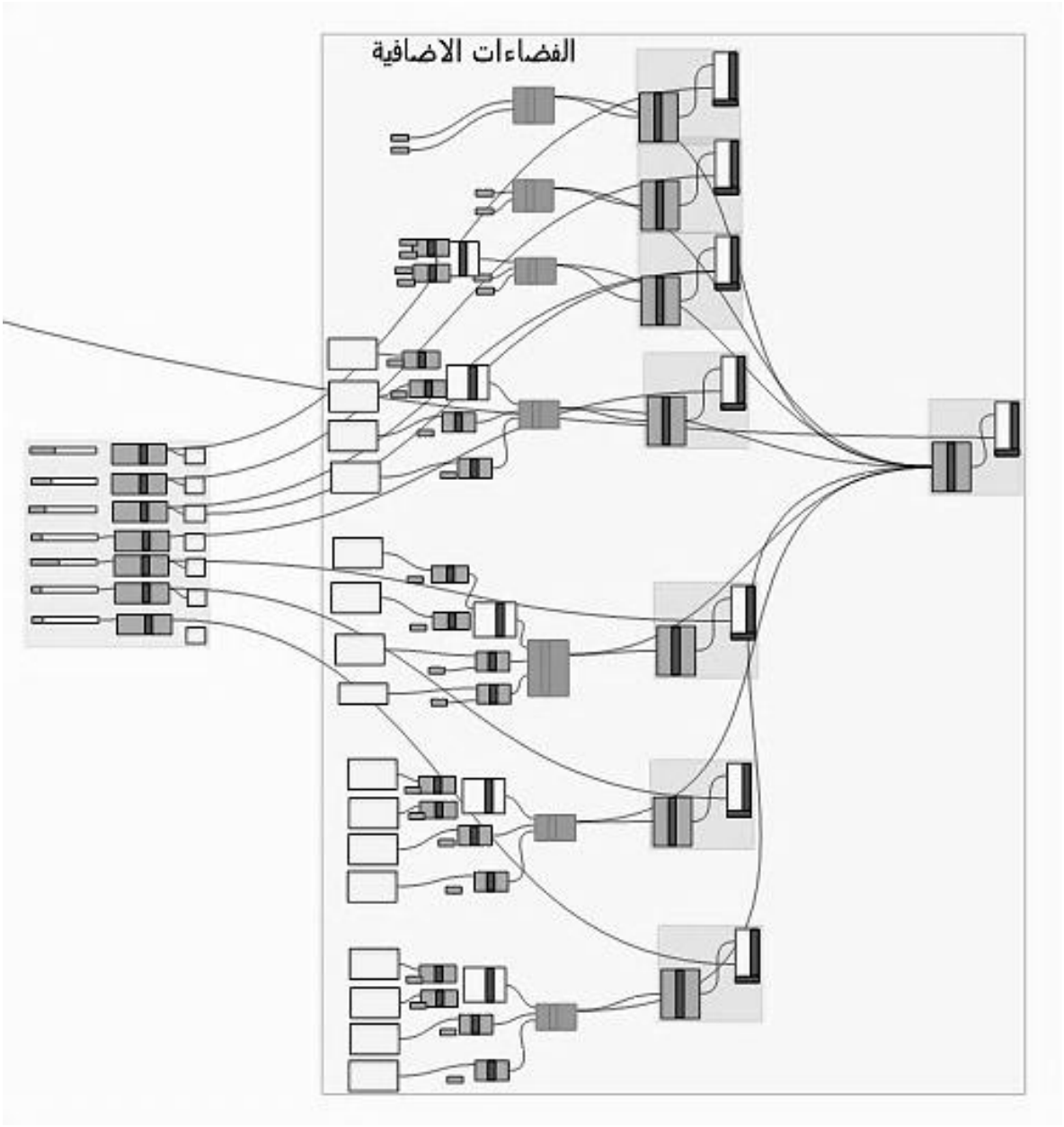
تكونالمدخلات جاهزة ومخزونة بشكل مسبق في البرنامج ليتم استخدامها من قبل مستخدم البرنامج.

2.1.2.6 العملية الخوارزمية في خوارزميات التصميم:

في هذه التجربة يتم اد شاء كل بديل تـ صميمي عن طريق مجموعة من الخوارزميات التـ صميمية الرئيـ سة. و تم ا ستخدام خوارزمية منف صلة1 لا نـ شاء كل كتلة بنائية (والتي تحتوي عدد من الف ضاءات المتخ صـ صة كالـ صفوف او المختبرات او غرف الادارة .....الخ) على حدة، وذلك من اجل سهولة ادارة البيانات الخا صة بكل ف ضاء ا ضافة الى سهولة التعديل عليها من قبل مـ صممي الخوارزمية عند الحاجة الى ذلك. وتعتمد فكرة اد شاء المخطط على ر سم مجموعة من الا شكال المـ ستطيلة عن طريق المكون(Rectangle) مع تحديد موقع كل مـ ستطيل في المخطط وابعاده من خلال مجموعة من البيانات، وقد تمت الا ستعانة ببعض المكونات التي يوفرهاGrasshopperوكما تم توضيحه سابقا في الشكل (3). ويوضح الشكل (4) نموذجا لخوارزمية مستخدمة في انشاء أحد الفضاءات الاضافية، بينما يوضح الشكل (5) مجموعة الخوارزميات المستخدمة في انشاء أحد البدائل.



الشكل (4) يوضح نموذجا لخوارزمية مستخدمة في أحد انشاء الفضاءات الاضافية. (المصدر: الباحثان)

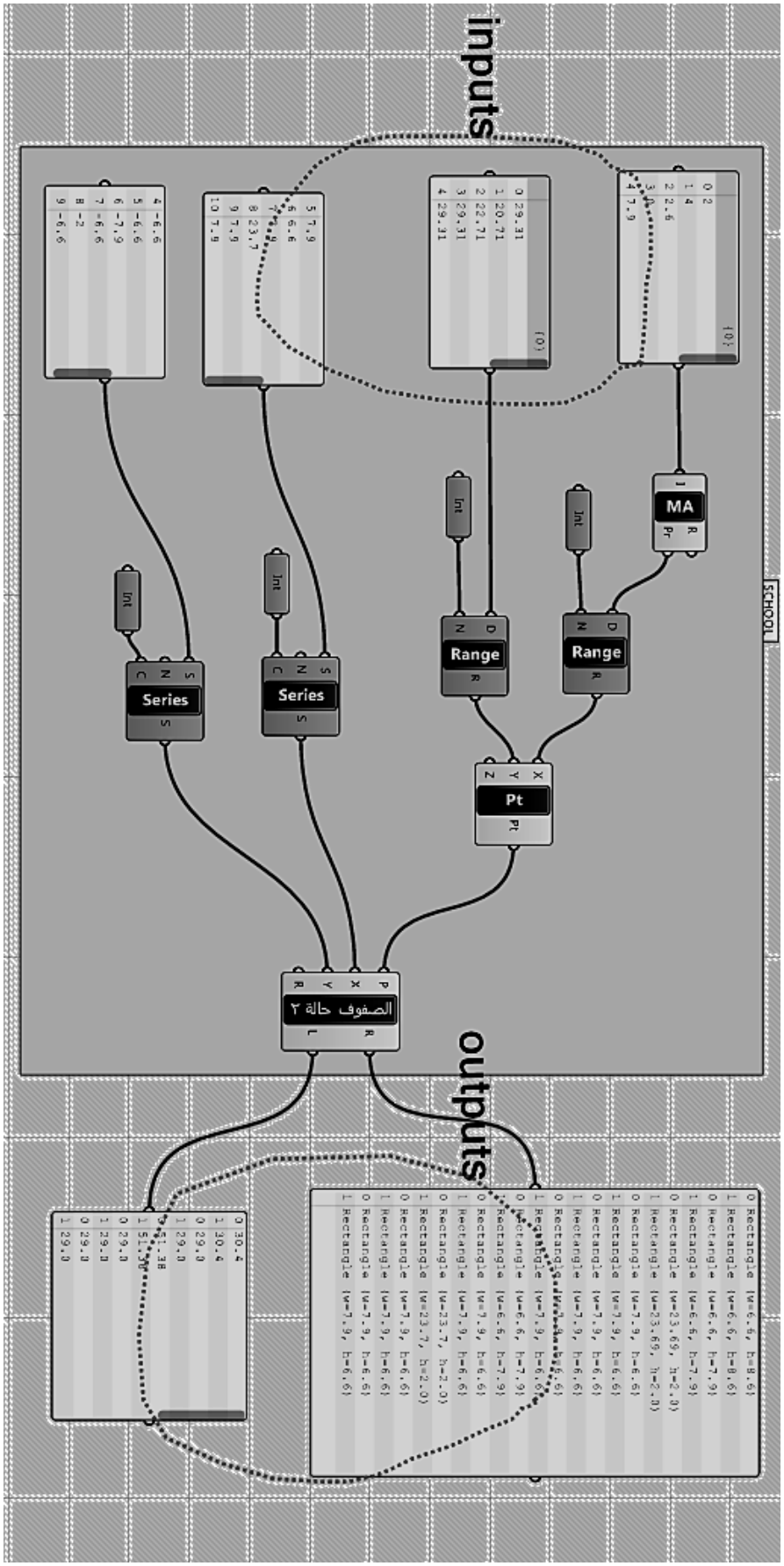


الشكل (5) يبين مجموعة الخوارزميات المستخدمة في انشاء الفضاءات الاضافية.(المصدر: الباحثان)

3.1.2.6 مخرجات خوارزميات التصميم:

ان مخرجات هذه الخوارزميات[3] هي عبارة عن مجموعة من البيانات الخاصة بأبعاد الفضاءات المستطيلة التي تتكون منها اجزاء المخططات. ويوضح الشكل (6) المدخلات والمخرجات لخوارزمية تصميم كتل الصفوف لاحد البدائل.

[3] يمكن لمصمم الخوارزمية ان يظهر جميع مخرجات هذه الخوارزميات على شكل مخططات لجميع البدائل المحتملة في شاشة برنامج Rhino



الشكل (6) يوضح نموذجا لمدخلات ومخرجات خوارزمية التصميم. (المصدر: الباحثان)

2.2.6: خوارزميات الاختيار Selection Algorithms:

وهي مجموعة من الخوارزميات التي تساعد في اختيار المدى الذي تقع ضمنه ابعاد قطعة الارض واختيار عدد الصفوف. وتنقسم هذه المجموعة من الخوارزميات بدورها الى مجموعتين من الخوارزميات والتي تعمل بصورة متوازية، وكما يلي:

- المجموعة الاولى[4]: وتتمثل في خوارزميات اختيار المدى الذي تقع ضمنه ابعاد قطعة الارض ولها المدخلاتنفسها وتنقسم الى اربع خوارزميات.
- المجموعة الثانية:وتتألف من خوارزمية لتحديد عدد الصفوف. اضافة الى عدد من الخوارزميات التي تعمل على اختيار الفضاءات الاضافية التي يتم اختيارها من قبل المستخدم للخوارزمية.

2.1.2.6 مدخلات خوارزميات الاختيار:

وضعت المدخلات بناء على عدد من المخططات الموضوعة من قبل وزارة التربية العراقية اضافة الى امثلة محلية وعربية مماثلة، هذا بالإ ضافة الى اعتماد بعض المراجع المتعلقة بأهم المعايير التصميمية الخاصة بتصميم الابنية المدرسية للمرحلة الابتدائية.

- ابعاد المستقط الافقي[5] [6]المستطيل المستعرض والذي تم اختياره كمُدخل أساس من اجل توليد البدائل. ويتم ادخالها الى المجموعة الاولى من الخوارزميات.
- عدد الصفوف التي تتراوح بين اختيار (12 صفا او 18 صفا) ويتم ادخالها الى خوارزمية اختيار عدد الصفوف.
- الفضاءات الاضافية والتي يتم اختيارها من قبل المستخدم، عن طريق ادخال قيمة صفر او واحد (1,0) لتفعيل اختيار الفضاء المطلوب من عدمه. ويتم ادخالها الى خوارزمية اختيار الفضاءات الاضافية.

ويمكن تصنيف المدخلات الى هذه الخوارزمية الى صنفين:

- الصنف الأول وتمثله المدخلات الخاصة ببناء الخوارزمية والتي يتم إدخالها من قبل مصمم الخوارزمية (الباحثان)، وتتضمن هذه المدخلات قيم ثابتة تكون متضمّنة في البرنامج، وكلها عبارة عن مجموعة من الاعداد الصحيحة وتتمثل بكل من:
  - ❖ مديات الابعاد المحددة لقطعة الأرض
  - ❖ عدد الصفوف
  - ❖ بعض الاعدادات الخاصة بالمكونات البرمجية

---

[4] تعمل المجموعة الاولى من الخوارزميات على تقريب الابعاد المعطاة من قبل المستخدم الى واحد من أربع مديات من الابعاد التي قام الباحثانبوضعها من اجل تقديم البديل الافضل والمناسب لهذه الابعاد. بينما يتم حساب مساحة الصفوف والمختبرات وغرف الادارة وغرف المدرسين وباقي الملحقات (حسب المعايير التصميمية) وبناءً على ابعاد قطعة الارض المطروحة من قبل المستخدم وعدد الصفوف المطلوبة. حيث اعدت الخوارزميات لتقريب مساحة الارض الى واحدة من أربع مديات من الابعاد، ومجموعتين من الصفوف (12/ 18 صفا) وتوفر لكل مدى من الابعاد وعدد من الصفوف مقترحات تصميمية رئيسة تتألف من عدد من البدائل.

[5] تمّ إعداد مجموعة الخوارزميات بحيث تسهّل لمستخدم الخوارزمية (المصمم في الجهة ذات العلاقة) إدخال القيملعدد من متغيرات المدخلات مثل إدخال القيم البارامترية لأبعاد قطعة الأرض المخصصة لإنشاء المبنى المدرسي.

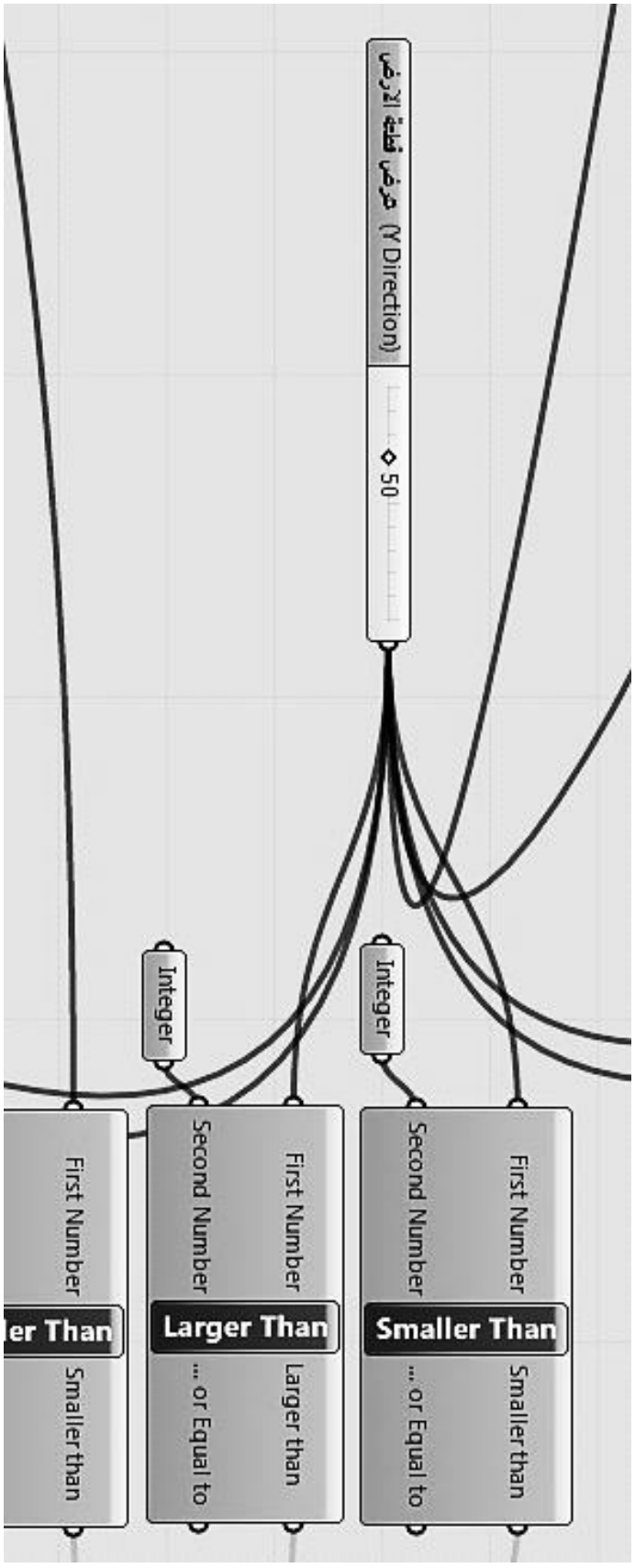
[6] في حالة عدم ملاءمة ابعاد قطعة الارض المدخلة من قبل مستخدم الخوارزمية (المصمم) مع جميع إحتمالات ابعاد الارض الملائمة للبدائل التصميمية والمحددة مسبقا من قبل الباحثين، تقوم الخوارزمية بإلغاء طلب المستخدم.

- الصنف الثاني وتمثله المدخلات الخاصة بتنفيذ الخوارزمية والتي يتم إدخالها من قبل المستخدم للخوارزمية (المصمم في الجهة ذات العلاقة) وتتضمن مجموعة من المتغيرات (variables) المستقلة والمتمثلة بكل من:

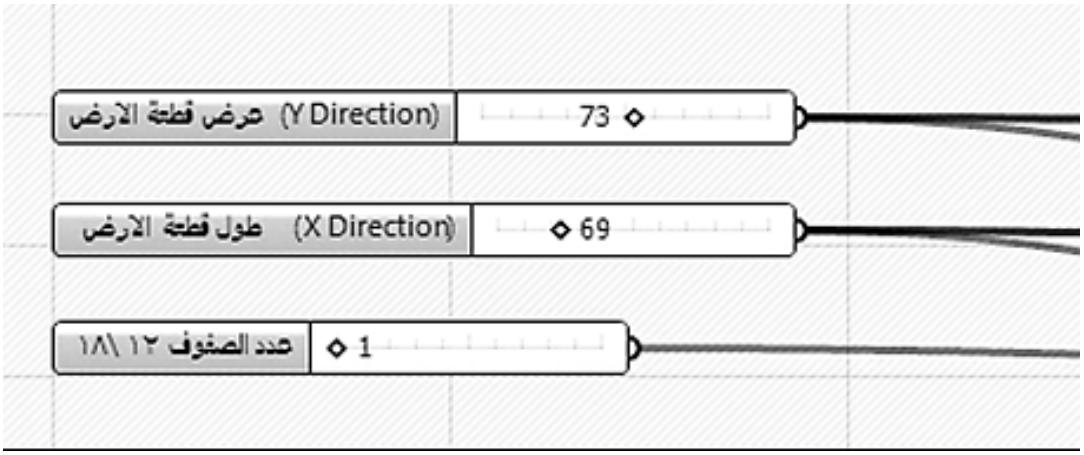
❖ أبعاد قطعة الارض (طول قطعة الارض ويمثلها المحور (x) وعرض قطعة الارض ويمثلها المحور (y)) حيث يقوم المستخدم بإدخال قيمة (طول قطعة الأرض X) و(عرض قطعة الأرض Y) وتتمثل هذه القيم بأعداد صحيحة (integers) ثم تقوم الخوارزمية بدورها باختيار مدخلات من ضمن المدى الأقرب لهذه المتغيرات.

❖ عدد الصفوف حيث توفر الخوارزمية خيارين هما 18 صفا و12 صفا، ويتم ذلك باختيار احدالخيارين الاول او الثاني (1,2).

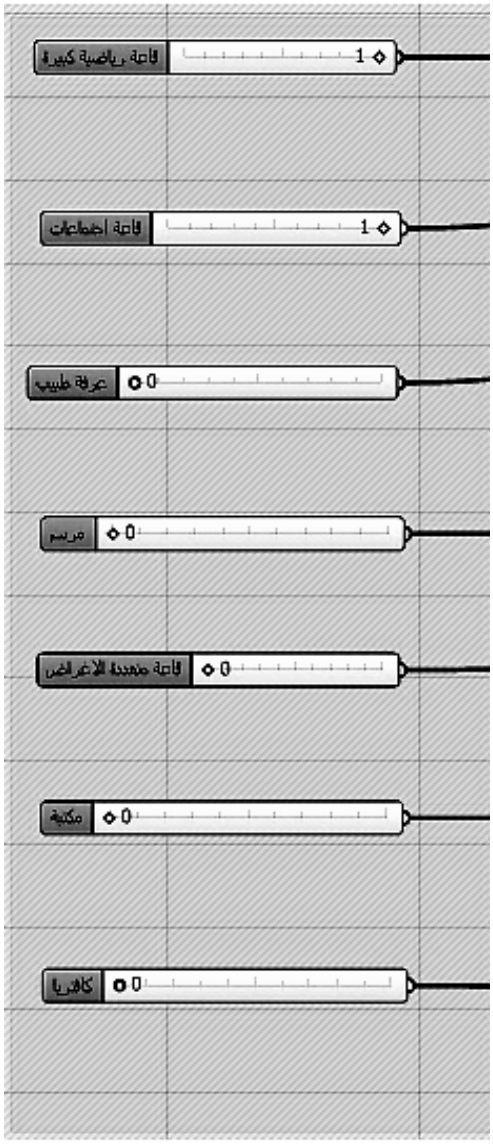
❖ امكانية اختيار الفضاءات المرغوبة في المخطط والتي يجب ان تلائم ابعاد قطعة الارض ويتم ذلك باختيار وجود او عدم وجود الفضاء وذلك باختيار أحد الخيارين (0,1). ويوضح الشكل (7) جانبا من مدخلات المصمم والمستخدم في جزء من احدى خوارزميات الاختيار. بينما يوضح الشكل (8.a,b) جزء الخوارزمية الخاص بمدخلات المستخدم والمتمثلة بأبعاد قطعة الارض وعدد الصفوف. و يوضحالشكل (8–b) جزء الخوارزمية الذي يمثل مدخلات المستخدم الخاصة باختيار الفضاءات الاضافية المرغوبة.



الشكل (7) يبين جانبا من مدخلات المصمم والمستخدم في جزء من احدى خوارزميات الاختيار
(تمثل القيم الصحيحة مدخلات مصمم الخوارزمية، بينما تمثل القيم البارا مترية مدخلات مستخدم الخوارزمية).
(المصدر: الباحثان)



الشكل (8–a) يوضح جزء الخوارزمية الذي يمثل مدخلات المستخدم متمثلة بأبعاد قطعة الارض وعدد الصفوف.(المصدر: الباحثان)



الشكل (8–b) يوضح جزء الخوارزمية الذي يمثل مدخلات المستخدم الخاصة باختيار الفضاءات الاضافية المرغوبة.(المصدر: الباحثان)

2.2.2.6العملية الخوارزمية في خوارزميات الاختيار:

تعتمد عملية ت صميم (اذ شاء) كل بديل على ترتيب الفعاليات الا سا سية مع اعطاء الابعاد الملائمة لل صفوف والف ضاءات الاخرى اعتمادا على مساحة الارض وعدد الصفوف المطلوبة من قبل المستخدم.ثم تتم اضافة باقي الفعاليات او الفضاءات الثانوية بحسب رغبة المستخدم في حال توافر مساحة كافية.

تقوم مجموعة الخوارزميات بمعالجة الادخالات كبارامترات (parameters) حيث تعالج المجوعة الاولى ابعاد قطعة الارض المعطاة وتقارنها بمدى من الابعاد مثبت في الخوارزمية مسبقاً[7] من قبل مصمم الخوارزمية (الباحثين) كما تم توضيح ذلك سابقا[8]. وتتم هذه العملية باستخدام احدى طريقتين:

- الاولى عن طريق عدد من (المكونات Components) الخاصة بالعبارات المنطقية والتي توفرها برمجية Grasshopper
- الثانية عن طريق بعض مكونات قائمة (Domain) من القائمة المنسدلة (Math) والتي تساعد على تحديد مدى معين من الابعاد ضمن مدى معلوم من الابعاد. وتعتمد هذه العملية على خاصية (False/True). يوضح الشكل (9,b,a) جزء من الخوارزمية الخاص بهذه العملية.

[7] قامالباحثان بإدخال هذا المدى من الابعاد الى المكون البرمجيعند تصميم الخوارزمية

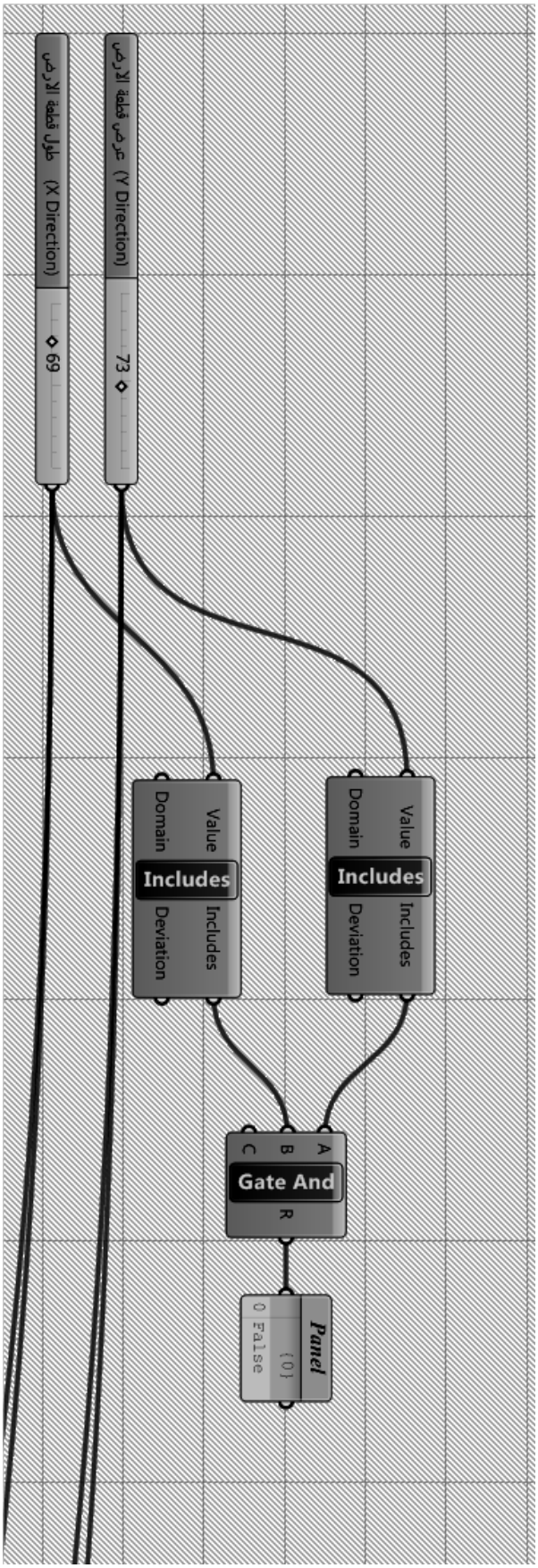
[8] مجموعة عبارات المساواة والمقارنة التي تم وضعها من قبل الباحثين لاختيار مديات الابعاد:

if (x=50 AND y=70) .

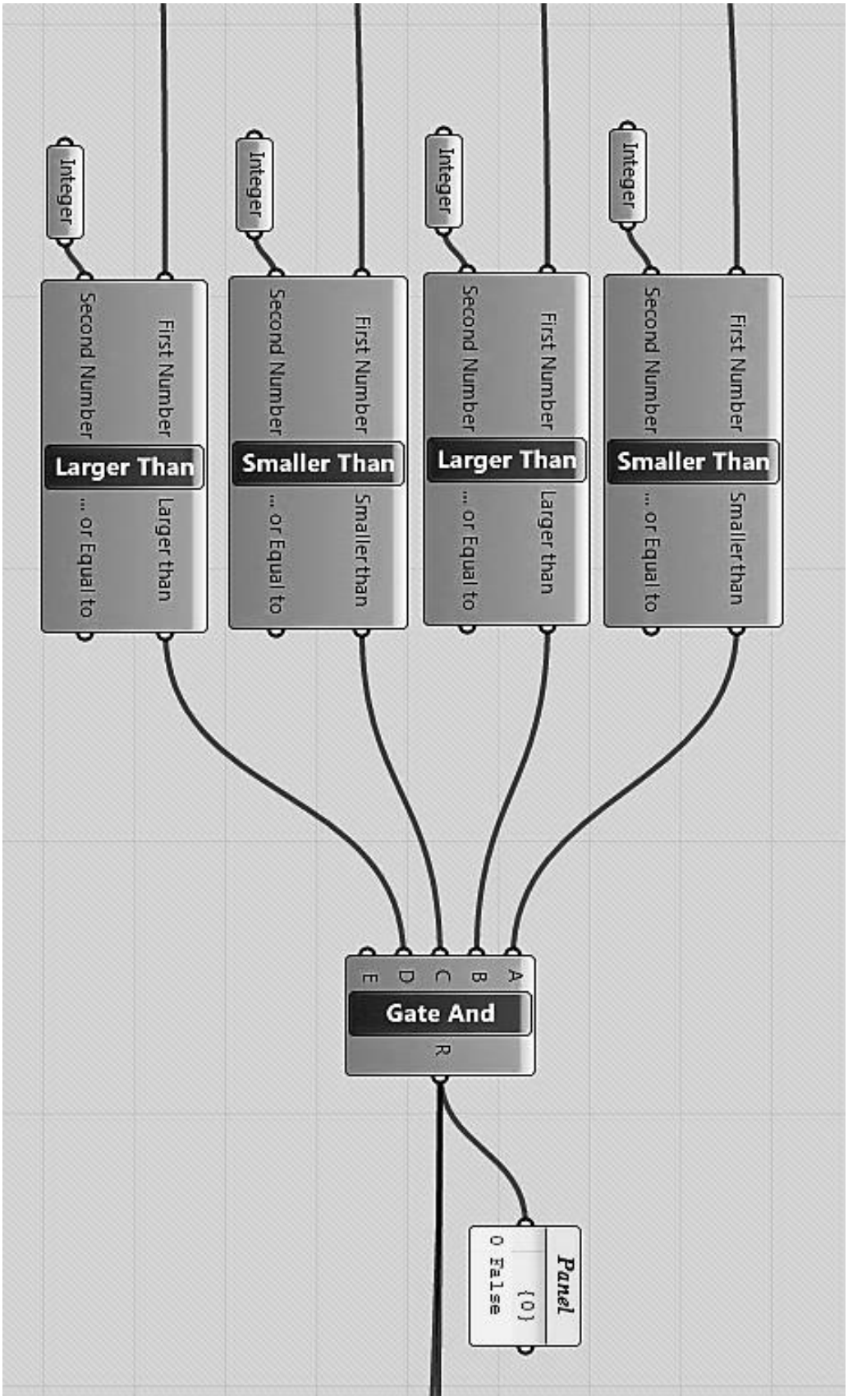
if (x>50 AND x<60 AND y>70 AND y<85) .

if (x>60 AND x<65 AND y>85 AND y<90).

if (x>65 AND x<100 AND y>90 AND y<100).

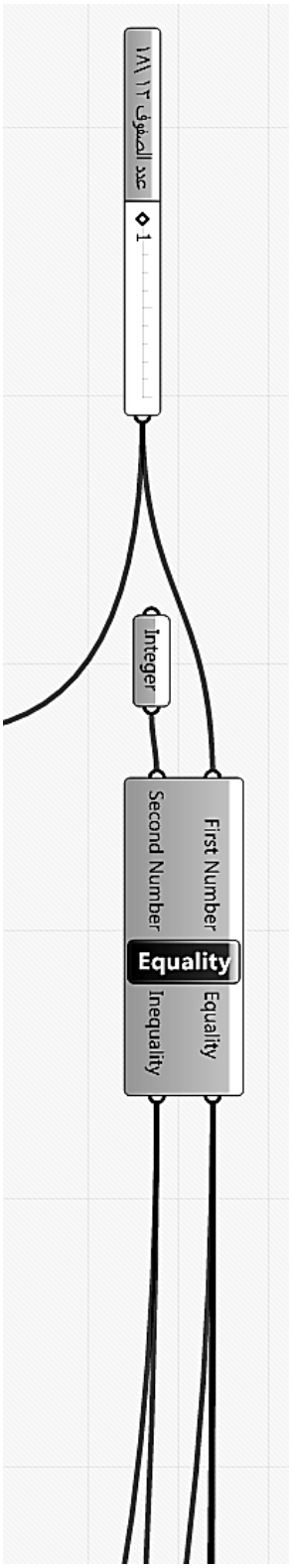


الشكل (9.a) يوضح الطريقة الاولى المقترحة لمعالجة مدخلات ابعاد قطعة الارض باستخدام احد مكونات قائمة (Domain). (المصدر: الباحثان).



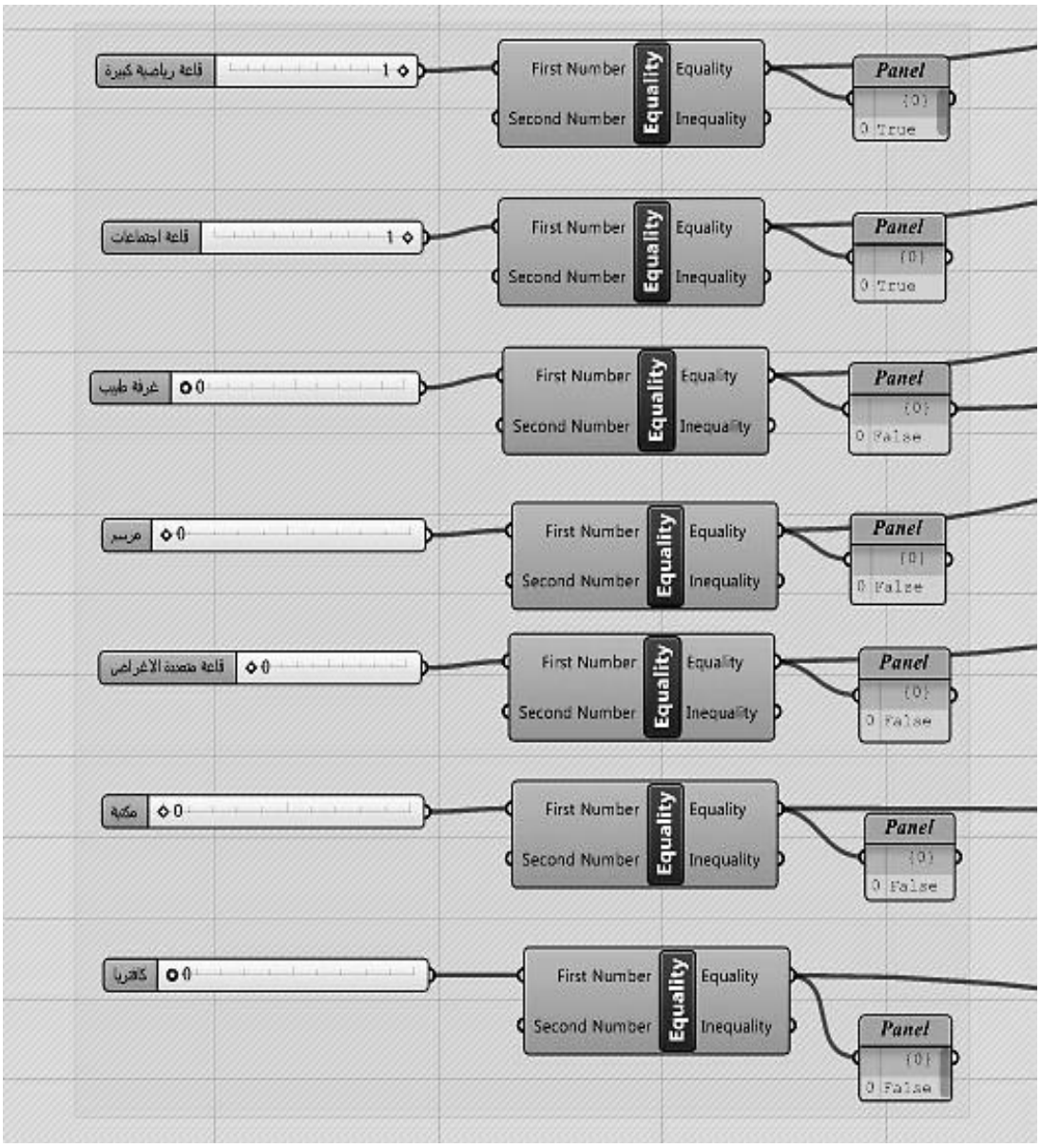
الشكل (9.b) يوضح الطريقة الثانية والمعتمدة في التجربة لمعالجة مدخلات ابعاد قطعة الارض باستخدام العبارات والبوابات المنطقية.(المصدر: الباحثان)

في حين يوضح الشكل (10) عملية معالجة الخوارزمية لعدد الصفوف بالاعتماداً ايضاً على خاصية (True, False).



الشكل (10) عملية معالجة عدد الصفوف. (المصدر: الباحثان)

امـــا مجموعـــة الخوارزميـــات فـــي المجموعـــة الاخـــرى فتعمـــل علـــى معالجـــة اختيـــار بـــاقي الفضـــاءات الاضـــافية فـــي المخطـــط باعتمـــاد مجموعـــة مـــن العبـــارات المنطقيـــة، حيـــث تـــوفر هـــذه الخوارزميـــات امكانيـــة اضافة الفضاءات التـــي يرغـــب بهـــا المســـتخدم عنـــدما تقـــع ابعـــاد قطعـــة الارض ضـــمن المـــدى الثالـــث مـــن الابعـــاد بســـبب تـــوفر المســـاحة الكافيـــة. ويوضـــح الشـــكل (11) عمليـــة الـــتحكم فـــي اختيـــار الخوارزميـــة للفضـــاءات الاضافية[9] المرغوب بها.



الشكل (11) يوضح عملية التحكم في اختيار الفضاءات الاضافية المرغوب بها. (المصدر: الباحثان)

[9] وتـــوفر البـــدائل المعـــدة مـــن قبـــل الباحثـــة فضـــاءات للصـــفوف والمختبـــرات وفضـــاءات لـــلإدارة بالإضـــافة الـــى الفضـــاءات الاخـــرى المرغوبـــة، بأبعـــاد تناســـب المعـــايير المعمـــول بهـــا فـــي تصـــميم المـــدارس واعتمـــادا علـــى مســـاحة قطعـــة الارض وعـــدد الصـــفوف المرغـــوب بهـــا. ويمكـــن اضـــافة خيـــار اخـــر للخوارزميـــة وهـــو اختيـــار المستخدم للطابق الذي يحوي الفعالية لتوجهه الخوارزمية نحو البديل الملائم لاختياره.

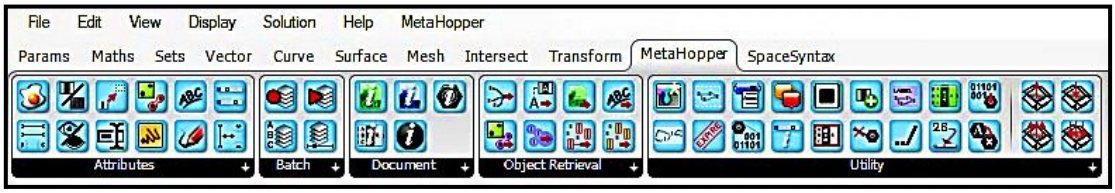
ويبلـــغ عـــدد الخيـــارات أكثـــر مـــن عشـــرين خيـــارا، ويمكـــن زيادتهـــا فـــي حالـــة اضـــافة خيـــارات اخـــرى الـــى الخوارزمية اعتماداً على خاصية المرونة التي تتمتع بها.

2.6. 3.2 مخرجات خوارزميات الاختيار

تكون **مخرجات جميع هذه الخوارزميات** عبارة عن مجموعة من قيم (False/True) والتي تكون كنتائج للعمليات المنطقية. ويوضح الشكل السابق (12) جانبا من مخرجات هذه الخوارزميات.

2.6. 3 خوارزميات تفعيل البدائل Activation of alternatives:

يتم الربط بين مخرجات المجموعتين الاولى والثانية من الخوارزميات عن طريق مجموعة ثالثة من الخوارزميات اطلق عليها الباحثان، خوارزميات تفعيل البدائل، وذلك نسبة الى المهمة التي تقوم بها (حيث انها تعمل على تفعيل عدد من البدائل1 والفعاليات الاضافية في خوارزميات التصميم واعتمادا على مخرجات خوارزميات الاختيار). وتتكون هذه الخوارزميات من بعض مكونات القائمة المنسدلة (MetaHopper) والتي يمكن ان تتحكم في اظهار البديل الملائم لمتطلبات المستخدم. الشكل (12) يبين مكونات القائمة المنسدلة (MetaHopper).



الشكل (12) القائمة المنسدلة (MetaHopper). (المصدر: الباحثان)

حيث يمكن اختيار بديلين او أكثر من البدائل المتوافرة والتي تلائم ابعاد قطعة الارض التي تم ادخالها من قبل مستخدم الخوارزمية.

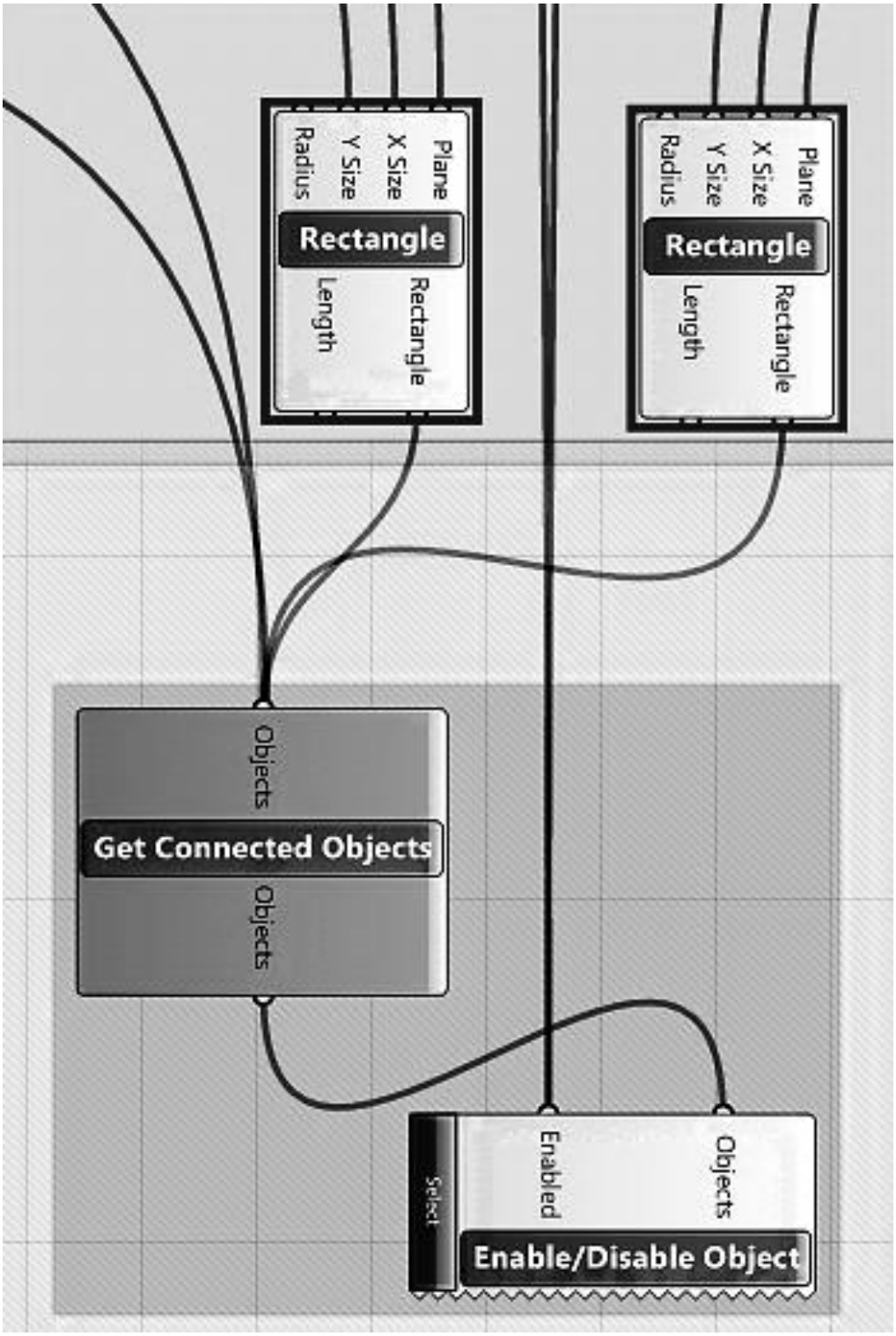
2.6. 1.3 المدخلات الى خوارزميات تفعيل البدائل

تتمثل المدخلات الخوارزميات تفعيل البدائل، المدخلات الى المكون (Enable/Disable) من قائمة Metahoper والتي تتمثل بما ياتي:

- احدى المدخلات الى المكون (Enable/Disable) هي القيم (False/True) والتي تمثل مخرجات خوارزمية الاختيار.
- المدخل الاخر الى هذا المكون هو عبارة عن مخرجات خوارزميات التصميم، حيث يتم عن طريقه الربط ما بين مخرجات خوارزمية الاختيار ومخرجات خوارزميات التصميم وكما موضح في الشكل (13).

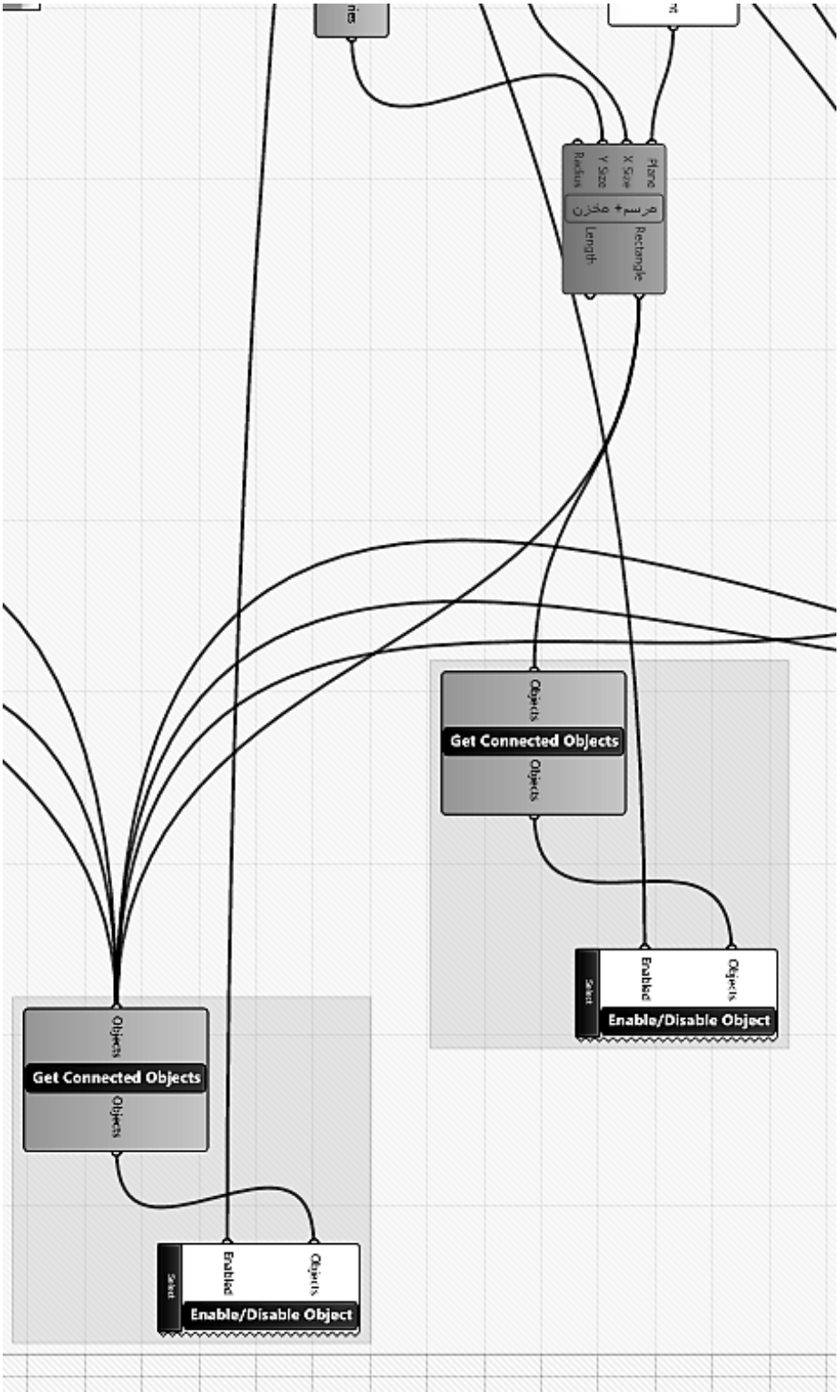
2.6. 2.3 العملية الخوارزمية في خوارزميات تفعيل البدائل

يعتمد عمل المكونات الخاصة بتفعيل فضاءات المخططات على خاصية الاظهار والاخفاء والمتوافرة في Grasshopper باعتماد قيم (False/True) حيث انه في حالة مطابقة الطلب لفضاء او لمخطط معين تعمل القيمة (True) على تفعيل المكونات الممثلة لمجموعة من الفضاءات او المخططات وذلك يؤدي الى اظهاره في شاشة Rhino، والعكس في حالة القيمة (False).



الشكل (13) يوضح احدى خوارزميات تفعيل الفضاءات في المخطط. (المصدر: الباحثان)

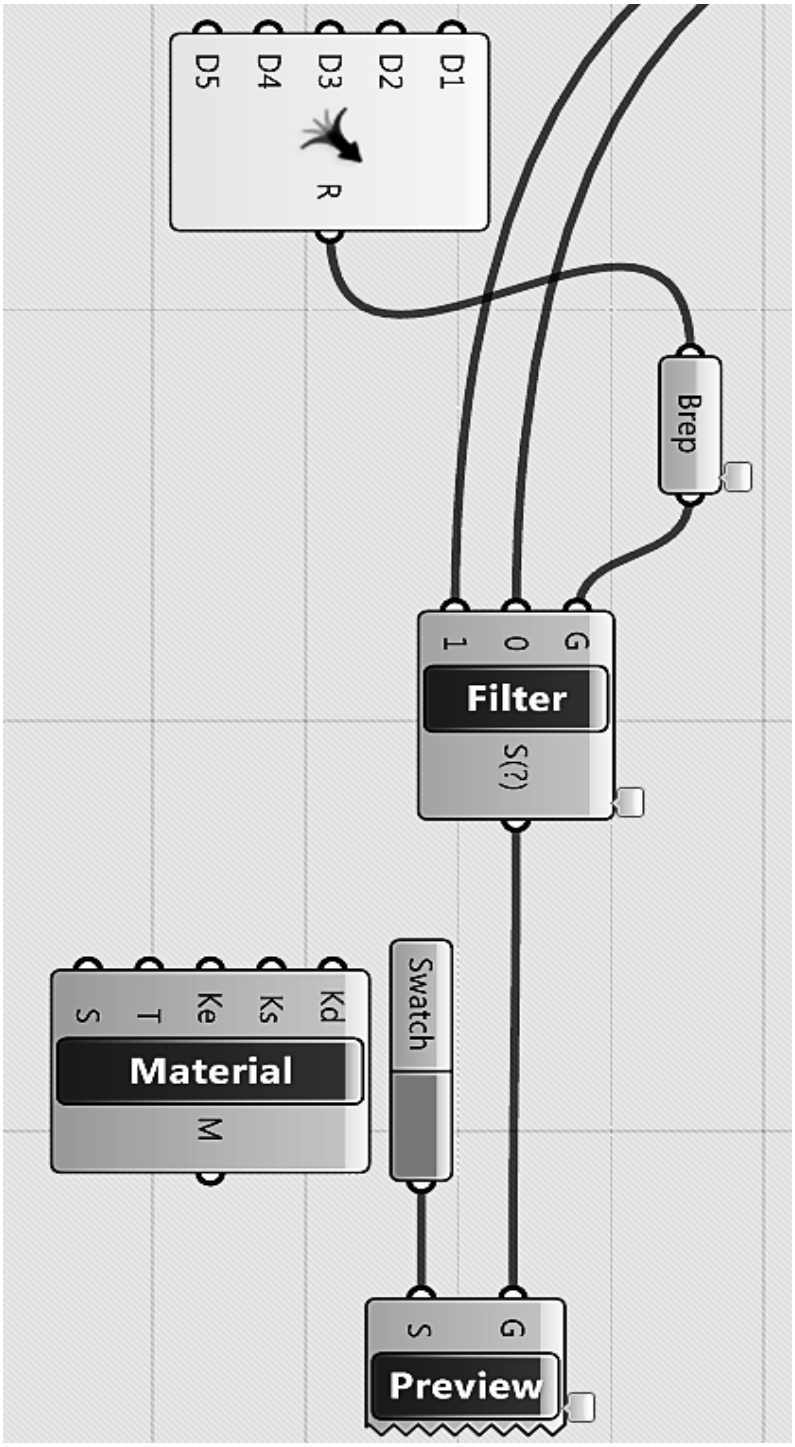
2.6. 3.3 مخرجات خوارزميات تفعيل البدائل: وتتمثل المخرجات بتحديد وتفعيل الفضاءات المختارة، اذ يمتلك المكون (Enable/Disable) امكانية تحديد الفضاءات التي تم اختيارها للتفعيل عن طريق اختيار الفضاءات في خوارزميات التصميم وذلك بالضغط على المفتاح (select) الخاص بالمكون. كما يمكن تفعيل بعض الخوارزميات التصميمية اعتمادا على قيم الاخراج لخوارزميتين من خوارزميات الاختيار، اذ يتم التفعيل في حالة كون القيمتين تمثلان القيمة (True) وفي حالة تعارض القيمتين تتوقف عملية التفعيل، كما هو موضح في الشكل (14).



الشكل (14) يبين عملية تفعيل خوارزمية تصميمية اعتمادا على قيم اخراج خوارزميتين من خوارزميات الاختيار.

(المصدر: الباحثان)

اضافة الى ذلك تم اقتراح طريقة اخرى لعرض المخطط المطلوب في شاشة البرنامج ويكون بشكل سطوح يمكن التحكم بألوانها او بنوع المواد المستخدمة في اظهارها وذلك باستخدام الامكانية التي يوفرها المكون (Preview)، مع استخدام المكون (Filter) للتحكم في اظهار البدائل الملائمة اعتمادا على خاصية (False/True) وكما هو موضح في الشكل (15).



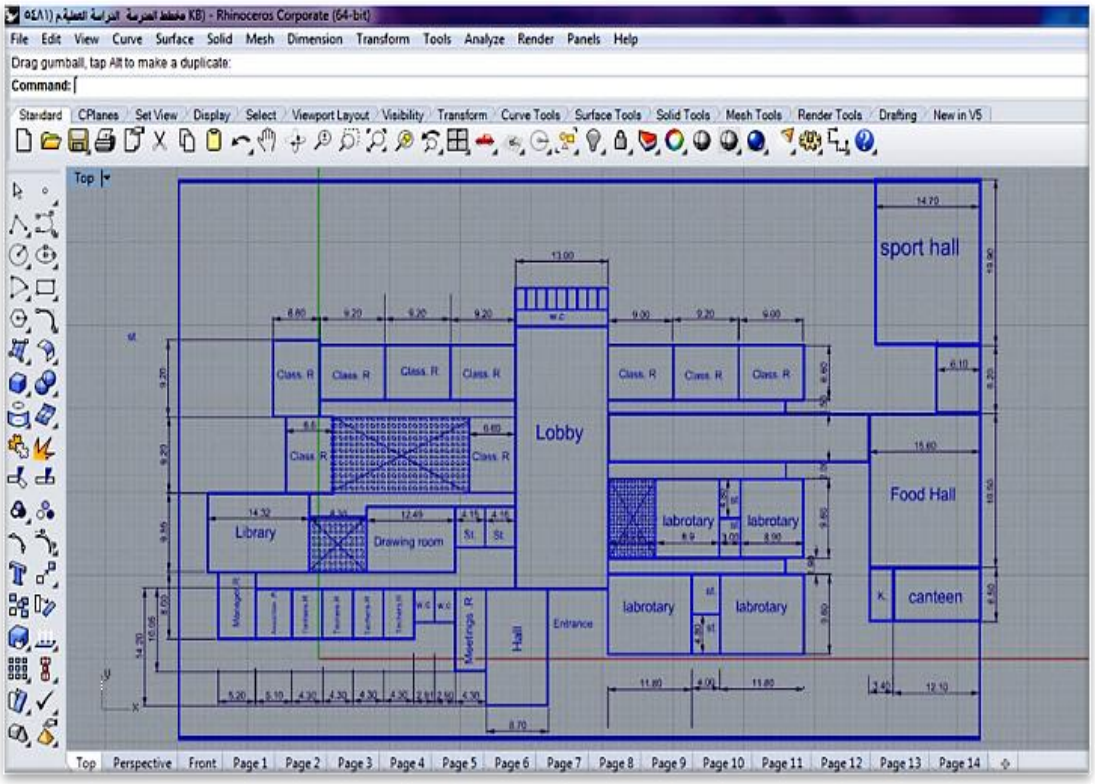
الشكل (15) يوضح الجزء المقترح من الخوارزمية كطريقة لا ظهار المخطط بشكل سطوح. (المصدر: الباحثان)

ويوفر البرنامج امكانية اظهار البدائل المفعلة على شكل مخططات في شاشة برنامج Rhino، ويتم تمثيل هذه المخططات في شكل حدود للفضاءات، كما موضح في الشكل (16).

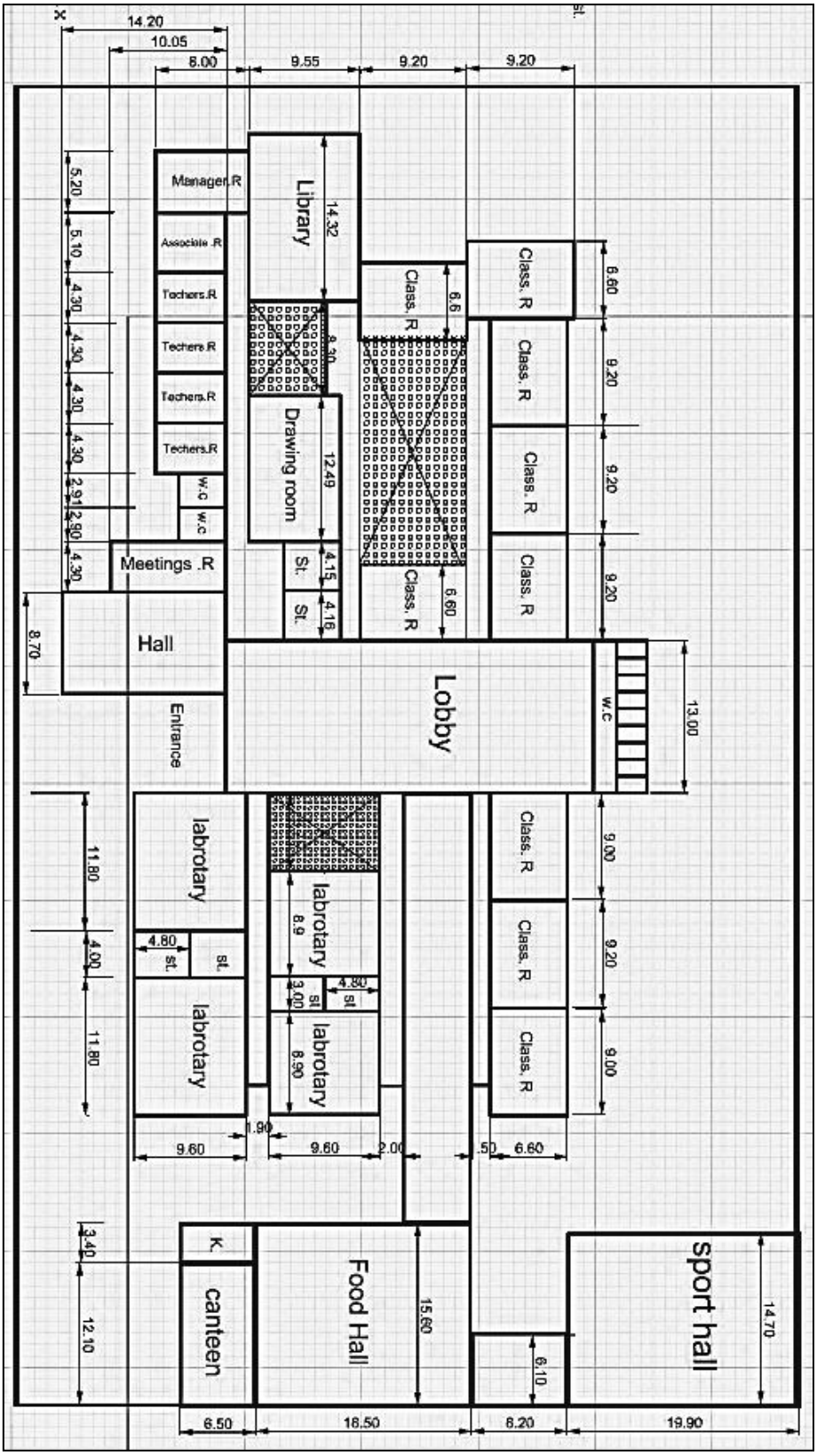
3.6تقييم البدائل واختيار البديل النهائي Evaluating Alternatives and Choosing the Final Alternative:

تتم عملية تقييم البدائل لاختيار البديل النهائي الاكثر ملاءمة لمستخدم الخوارزمية، بصريا من قبل المستخدم وذلك بعد عرضها في شاشة Rhino.

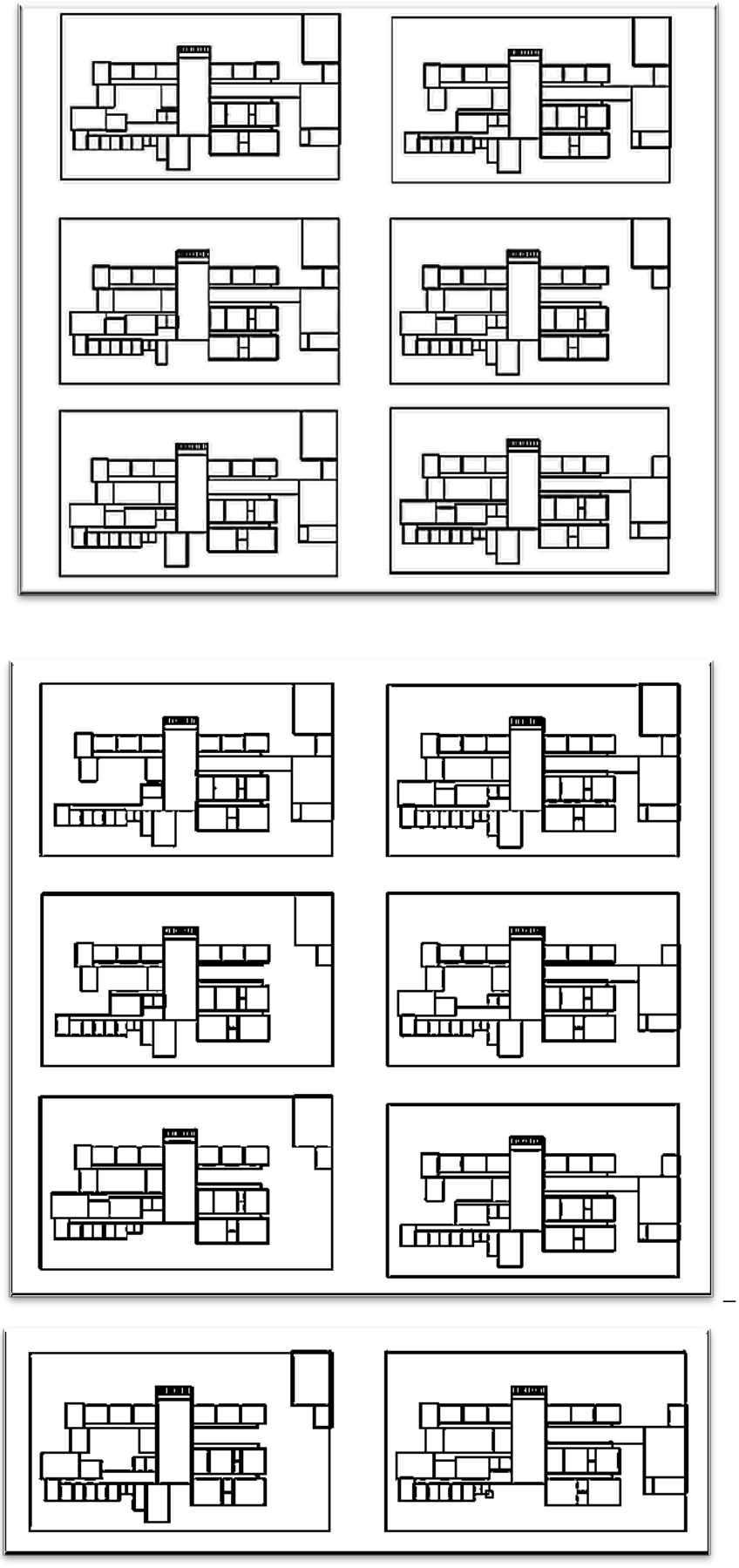
يبين الشكل (16a,b) عرض لاحد البدائل في شاشة Rhino. في حين تظهر بعض البدائل الممكنة للمقترح في الشكل (17). بينما يبين الشكل (18) مشهدا عاما للخوارزمية.ويوضح الجدولان (1) و(2)على التوالي اشكال وابعاد الصفوف لكل بديل و كيفية توزيع الخوارزميات للبدائل.



الشكل (a- 16) يبين مخطط اللمقترح الثاني- البديل الثالث في شاشة Rhino (المصدر: الباحثان)



الشكل (b – 16) يوضح مخططا مكبر اللمقترح الثاني– البديل الثالث في شاشة Rhino (المصدر: الباحثان)



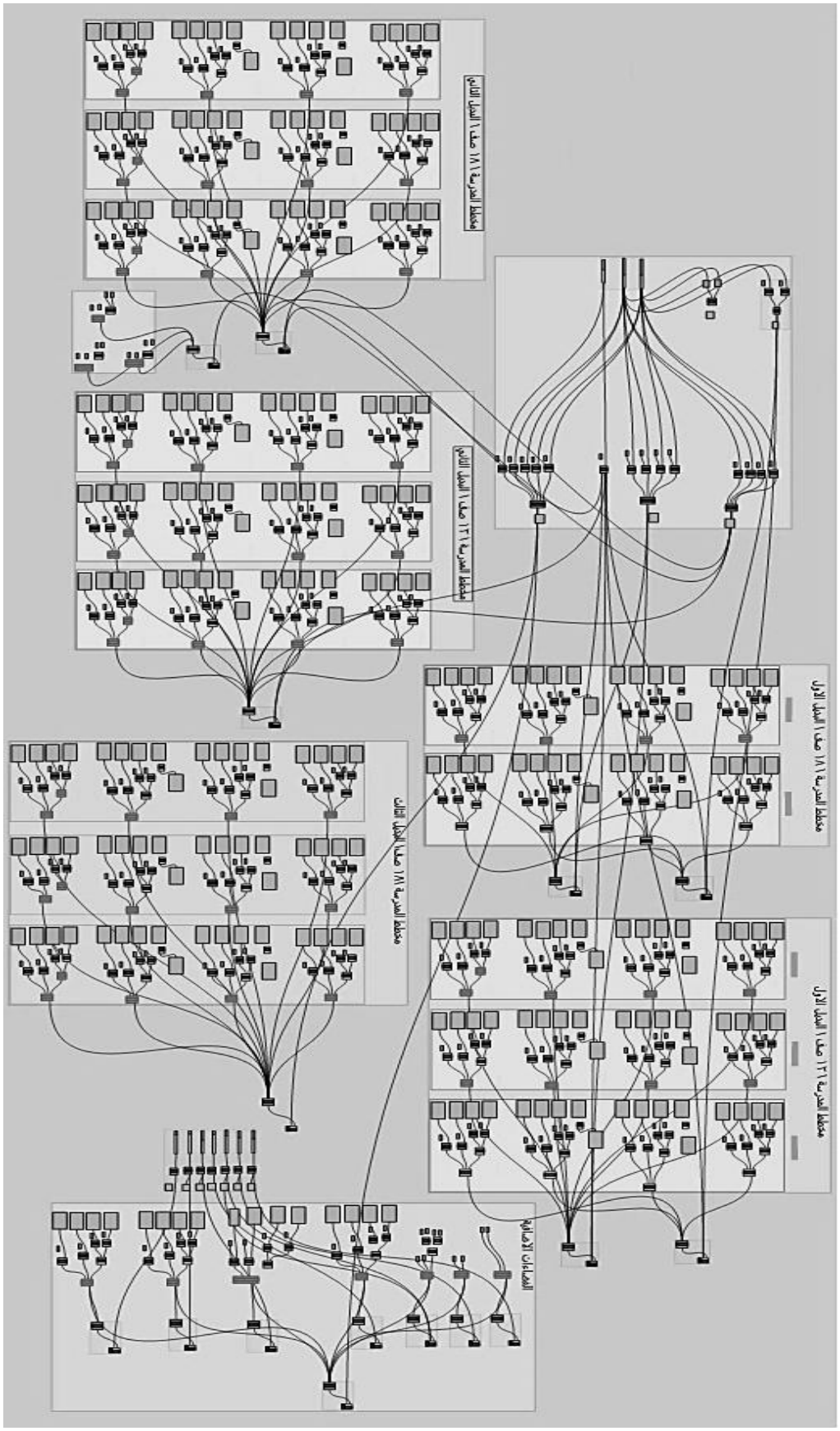
الشكل (17) يبين بعض البدائل الممكنة التي توفرها الخوارزمية للمقترح الثالث. (المصدر: الباحثان)

الجدول (1) يوضح اشكال وابعاد الصفوف الدراسية لكل بديل. (المصدر: الباحثان)

رقم البديل	شكل الصف	الابعاد الداخلية بالمتر	
		الطول	العرض
البديل الاول	مربع	6.4	6.4
البديل الثاني	مستطيل	7.7	6.4
البديل الثالث	مستطيل	9.0	6.4

الجدول (2) يوضح كيفية توزيع البدائل. (المصدر: الباحثان)

ابعاد قطعة الارض		المقترح ١٢ صف			المقترح ١٨ صف			الفعاليات الاضافية المقترحة في المخطط							
		ابعاد الصف/م			ابعاد الصف/م										
الطول/ بالمتر	العرض/ بالمتر	البديل ١	البديل ٢	البديل ٣	البديل ١	البديل ٢	البديل ٣	قاعة متعددة الاغراض	قاعة اجتماعات	صالة رياضية كبيرة	صالة رياضية صغيرة	مكتبة	مرسم	كافتريا	غرفة طبيب
٧٠	٥٠	•	•		•	•									
٧٠-٨٥	٥٠-٦٠	•	•	•	•	•	•								
٨٥-٩٠	٦٠-٦٥	•	•	•	•	•	•	•			•				
٩٠-١٢٠	٦٥-١٠٠				•	•	•	•	•	•		•	•	•	•



الشكل (18) يبين مشهدا عاما للخوارزمية. (المصدر: الباحثان)

7.النتائج

- أظهرت النتائج إمكانية اعتماد منهج التصـــميم التوليدي الخوارزمي القائم على الحالة الســـابقة–Case based Designفي توليد مخططات متنوعة ذات خصائص نمطية في مرحلة التصميم المفاهيمي.
- تمّ اعداد خوارزمية من قبل الباحثينقادرة على توليد مجموعة من البدائل التصميمية المستمدة من مخططات سابقة للمدارس الابتدائية المعتمدة من قبل مديرية تربية محافظة نينوى.
- تمّ اســـتخدام البرمجة البصـــرية في برنامج Grasshopper الملحق ببرمجية Rhinoفي إنشـــاء وتنفيذ الخوارزمية من قبل الباحثين لتوليد التصاميم النمطية لأبنية المدارس الإبتدائية.
- إعتمدت التجربة هيكلا في بناء الخوارزميات المســـتخدمة في عملية توليد واختيار البدائل يشـــتمل على مدخلات الخوارزمية والعملية الخوارزمية ومخرجاتها. إذ تمّ ا ستخدام خوارزمية رئيسة تتألف ضمنيا من مجموعات من الخوارزميات الفرعية لكل مجموعة منها مهام محددة وتكون بعضها معدة من قبل مصممي الخوارزمية ومخزونة في البرنامج كخوارزميات التصـــميم، بينما يعمل البعض الآخر بشـــكل تفاعلي مع مدخلات مستخدم الخوارزمية.
- يعدّ هذا المنهج تفاعليا بين المستخدم والحاسوب، إذ يوفر لمستخدم الخوارزمية الحرية في إختيارالمدخلات بالإضافة الى امكانية مشاركة المستخدم في عملية الاختيار النهائي للبديل الملائم.
- أظهرت النتائج في الجدول (2) تعدد تنوع التصاميم النمطية المتولدة من نموذج بدئي واحد لأحد مخططات المدارس المعتمدة في مديرية تربية محافظة نينوى (الشـــكل (3))، والناتجة عن تنويع المدخلات الى التصميم الخوارزمي وبذلك أثبت البحث صحة فرضيته في نجاح استخدام البرمجة البصرية لإنشاء وتنفيذ خوارزمية معدة من قبل الباحثين في حل مشـــكلة معمارية جيدة التعريف وبان تنويع المدخلات يســـهم في تنويع وتعدد المخرجات.

8.الاستنتاجات:

توصل البحث الى مجموعة من الاستنتاجات الخاصة بفاعلية التصميم الخوارزمي في توليد المخططات النمطية عن طريق انشاء خوارزمية معدة من قبل الباحثين:

- يتسم اسلوب التفكير الخوارزمي بالمرونة في انشاء وتصميم الخوارزمية بحيث يمكن إعداد خوارزميات عديدة لمشكلة تصميمية واحدة.
- ان الطريقة المستخدمة في التجربة المقدمة في البحث في توليد البدائل باعتماد الحالة السابقة وباستخدام خوارزميات مصممة من قبل الباحثين باســـتخدام البرمجة البصـــرية، من غير الاعتماد على برمجيات جاهزة خاصـــة بالمنهج، كانت مجدية فيما يتعلق بالمشكلة قيد الدراسة والتي تتمثل بكونها مشكلة ذات معطيات محددة.
- إن توظيف التصميم الخوارزمي الرقمي ضمن المنهج الحدسي الإستقرائي يسهم بشكل فعّال في تنويع وتكييف التصاميم النمطية.
- يوفر التصميم الخوارزمي المنشأ على أساس النمط كلا الحرية والقيود. فالعديد من مدخلات الخوارزمية المصممة في البحث كانت مقيدة ومحددة من اجل الحفاظ على اهم خصائص النمط لا سيما في حالة مبنى وظيفي كالمدرسة.
- مقارنة بالبرمجيات الجاهزة التي تعتمد منهج التصـــميم المعتمد على الحالات الســـابقة فإن اســـتخدام خوارزميات معدة من قبل الباحثين يكون فعّالا في حالة عدم وجود مكتبة واسعة من الحالات التي يمكن اعتمادها كنماذج للنمط المطلوب تصميميه.

- يمكن حل المشاكل المشابهة والاكثر تعقيدا بزيادة عدد المدخلات والخيارات الاضافية التي يمكن ان توفرها الخوارزمية اعتمادا على خاصية المرونة التي تمتاز بها.
- تبين للباحثين صـــــعوبة تحقيق التجربة عن طريق انشـــــاء خوارزمية واحدة تؤدي كل المهام المناطة بالعملية الخوارزمية مما ا ستدعى اذ شاء عدد من الخوارزميات التي ساعدت على توزيع المهام كتوليد واختيار وتفعيل ف ضاءات المخطط. وتبين ان استخدام عدد من الخوارزميات لأداء المهمة الواحدة في توليد المخطط ساهمت في تسهيل اجراء التعديلات على المدخلات عند الحاجة لذلك وساهمت ايضا في زيادة السيطرة على المخرجات.

9.التوصيات

يؤكد الباحثان في هذه الدراسة على ما يلي:

- اهمية تبني التفكير الخوارزمي في تعليم التصميم المعماري في المؤسسات الاكاديمية.
- اهمية اعتماد ورش عمل من اجل تحقيق التعاون بين اق سام العمارة والمبرمجين في الجامعات العراقية. من اجل النهوض بواقع التصميم المعماري الرقمي ومحاولة الولوج الى هذا المضمار بخطوات ر صينةفي محاولةللحاق بركب المعرفة العالمية في هذا المجال والتي من الواضح للباحث المطلع فيه انها تسبقنا بعقود من الزمان.
- تطوير الالية المستخدمة في الدراسة لتطوير تصاميم معمارية نمطية اخرى كالابنية السكنية والابنية الخدمية وغيرها.

Conflicts of Interest

The author declares that they have no conflicts of interest.

References:

[1] M. Kazemi, &B. Borjian, *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.

[2] M. Burry,*Scripting Cultures: Architectural Design and Programming*. Wiley, 75-97, 2011.

[3] M. El Daly, *Revisiting Algorithms in Architecture Design "Towards New Computational Methods"*", Thesis of Doctor in Architecture. Ain Shams University. Egypt, 2009.

[4] S. Wojtkiewicz**,** *"Generative Systems in architecture design"*,XVII Generative Art Conference – GA 2014,pp.334-346,2014.

[5] C. Belém& A.Leitão, *From Design to Optimized Design: An algorithmic-based approach***.** SIMULATION, PREDICTION & EVALUATION | Explorations - Volume 2 - eCAADe 36 pp. 2018.

[6] A. Levitin, Introduction *to the Design & Analysis of Algorithm*s—3rd end Library of Congress Cataloging, 2012.

[7] S.Skiena, *The Algorithm Design Manual*, Second Edition, springer, 1988.

[8] H. Humppi, *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.

[9] G. Stiny& W. J. Metchell , *The Palladian Grammar*, Environment and Planning B; volume 5, pp. 5-18 , 1978.

[10] T. Kotnik, *Digital Architectural Design as Exploration of Computable Functions*, international journal of architectural computing, Volume: 8 issue: 1, pp. 1-16, , Issue published: January 1, 2010.

[11] Y.E. Kalay," *Architecture's New Media: Principles, Theories, and Methods ofComputer-Aided Design*". 1st ed. Cambridge, MA: The MIT Press, 2004. http://books.google.iq.

[12] R. Aasholm," *Incessant Replication: Computational Floor Plan Generation*". Master's Thesis, Aalto University, Department of Architecture,Helsinki, Finland, 2015.

[13] R. Koenig and K. Katja, "*Comparing Two Evolutionary Algorithm Based Methods for Layout Generation*: *Dense Packing versus Subdivision*." Artificial Intelligence for Engineering Design Analysis and Manufacturing (28), no. 03, pp. 285–299, 2014.

[14] E. Rodrigues, "*Automated Floor Plan Design: Generation, Simulation, and Optimization*". Thesis of Doctor of Philosophy at the Faculty of Sciences and Technology, University of Coimbra, Portugal, 2014.

[15] G. Renner and A.Ekaart,*Genetic Algorithms in ComputerAided Design*". Computer-Aided Design 35(8), pp.709-726 · August 2003

[16] W. Mitchell," *Computer-Aided Architectural Design*". New York: Van Nostrand Reinhold, 1979. http://books.google.iq.

مصادر الانترنت:

[1] http://www.michael-hansmeyer.com/digital-grotesque-I.htm

[2] https://www.grasshopper3d.com/

[3] Brute-forcesearch – Wikipedia https://en.wikipedia.org/wiki/Brute-force_search