مذكرة تخرج مقدمة في

جامعة محمد بوضياف – المسيلة

كلية الرياضيات والإعلام الآلي

قسم الإعلام الآلي

من أجل الاستيفاء الجزئي لمتطلبات شهادة

ماستر في الإعلام الآلي

من طرف

طرشي آية

عنوان المذكرة

تصميم وتطوير منصة تعليمية تفاعلية لتصور الخوارزميات وهياكل البيانات

تحت إشراف الأستاذ

عمرون نصر الدين

أعضاء لجنة المناقشة

نور الدين عمراوي	جامعة المسيلة	**رئيسا**
عمرون نصر الدين	جامعة المسيلة	**مشرفا**
عامري السعيد	جامعة المسيلة	**ممتحنا**

08، جوان، 2026

الإهداء

بسم الله الرحمن الرحيم

إلهي لا يطيب الليل إلا بشكرك ولا يطيب النهار إلا بطاعتك
ولا تطيب اللحظات إلا بذكرك ..ولا تطيب الآخرة إلا بعفوك.. ولا تطيب الجنة إلا بعفوك

اللهم لك الحمد حمدا كثيرا طيبا مباركا فيه

لك الحمد أن وفقتني لإتمام هذا العمل في عفو وعافية

وبعد ذلك أهدي ثمرة تعبي ونتاج سهري وخوفي ودموعي ،هذه النهاية السعيدة

إلى من زين اسمي بأجمل الألقاب ، من دعمني بلا حدود وأعطاني بلا مقابل والدي قوتي وملاذي بعد الله.

إلى ذات القلب الحنون ، نبع المحبة ورفيقتي وصديقتي الأولى ، من تهون عني ثقل الأيام بدعواتها ومن تخفف آلامي بحنيتها ، تسمعني تفهمني وتحتويني ..أمي.

إلى أخي وأختي .. من حولا لحظاتي الصعبة إلى لحظات أنس ، أعاناني وشاركاني همومي واليوم إن شاء الله أشاركهم الأفراح

إلى خليلاتي (إسراء ، سارة ، وفاء وأنفال)، من دعمنني بلا توقف ، وأعنني بلا حدود ، وخففن عني الحمل الثقيل ، اللواتي شاركتهن لحظات ضعفي وقوتي وهن كل ما أحب .

التشكرات

من لا يشكر الناس لا يشكر الله

الحمد والثناء والشـــكر لله على توفيقه لي لإتمام هذا العمل .

ثم اعتر افـــا بالفضل وتقديرا للجميل لا يسعني إلا أن أتوجه بخالص الشكر والامتنان للأستاذ المشرف "عمرون نصر الدين " تقديرا لإشر افه الكريم وتوجيهاته العلمية السديدة وصبره ودعمه المتواصل طوال فترة إنجاز هذا العمل ، راجية له دوام الصحة والعافية ، والتوفيق في مسيرته العلمية والمهنية .

كما أشكر كل من دعمني بصدق ودعا لي بمحبة وطيب خاطر بغية إتمام هذا العمل في خير وعلى خير .

الفهرس

الإهداء..... I

التشكرات I

الفهرس III

فهرس الجداول والمخططات VIII

المقدمة العامة:..... 9

1. الفصل الأول : تحليل الدراسات السابقة للموضوع 10

1.1 المقدمة: 10

2.1 و اقع تعليم الخوارزميات وهياكل البيانات في الجامعات العربية المحلية :..... 10

3.1 الإطار المفاهيمي وتطور المجال :..... 11

1.3.1 تعريف التصور البصري :..... 11

2.3.1 تصور الخوارزميات وهياكل البيانات:..... 11

3.3.1 المفاهيم الأساسية في تصور الخوارزميات: 11

1.3.3.1 التمثيل البصري (Visual Representation): 11

2.3.3.1 الرسوم المتحركة (Animation): 12

3.3.3.1 التتبع (Execution Trace): 12

4.3.3.1 التفاعل (Interactivity): 12

5.3.3.1 التغذية الراجعة (Feedback) 12

4.1 البداية الأولى لتصور الخوارزميات :..... 13

5.1 تحليل ودراسة الأعمال الأكاديمية ذات الصلة :..... 14

1.5.1 الأبحاث والدراسات السابقة:..... 14

1.1.5.1 دراسة Alexander Joel D. Alon (2010) : 14

2.1.5.1 دراسة Ricardo Miguel Tiago Farracho (2019) : 15

3 .1 .5 .1 دراسة Giacomo Mariani (2020) :..... 17

4 .1 .5 .1 دراسة Farbod Raubetean (2016) : 19

5 .1 .5 .1 دراسة Patrik Perhac و Slavomır Simonak (2022): 20

6 .1 .5 .1 أحدث دراسة في المجال (2026) : 21

2.5.1 المنصات والأدوات المتاحة :..... 24

1.2.5.1 منصة VisuAlgo: 24
2.2.5.1 منصة Visualize DSA: 26
3.2.5.1 منصة ALGOVis : 27
4.2.5.1 منصة SEE ALGORITHMS: 28
6.1 خاتمة الفصل: 29
2. الفصل الثاني : أشهر الخوارزميات في منصات التصور. 30
1.2 مقدمة : 30
2.2 تحليل المنصات التعليمية : 30
3.2 تصنيف الخوارزميات الشهيرة حسب الفئة: 31
1. 3. 2 **خوارزميات الترتيب (Sorting Algorithms) :** 31
1 .1 .3 .2 الترتيب الفقاعي (Bubble Sort): 31
2 .1 .3 .2 الترتيب بالاختيار (Selection Sort): 32
3 .1 .3 .2 الترتيب بالإدراج (Insertion Sort): 32
4 .1 .3 .2 الترتيب بالدمج (Merge Sort): 33
5 .1 .3 .2 الترتيب السريع (Quick Sort): 33
2 . 3 .2 **خوارزميات البحث (Searching Algorithms):** 34
1 .2 .3.2 البحث الخطي (Linear Search): 34
2 .1 .3 .2 البحث الثنائي (Binary Search): 34
3 . 3 .2 **خوارزميات الرسوم البيانية (Graph Algorithms):** 35
1 .3 .3 .2. خوارزمية بريم (Prim Algorithm): 35
2 .3 .3 .2 خوارزمية ديكسترا (Dijkstra Algorithm): 35
3 .3 .3 .2 خوارزمية كروسكال (Kruskal Algorithm): 36
4. 3. 2. خوارزميات الأشجار (Tree Algorithms): 36
1 .4 .3 2. البحث بالعمق أولا ((Depth-First Search(DFS): 36
2 .4 .3 .2 البحث بالعرض أولا ((Breadth-First Search(BFS): 37
3 .4 .3 .2 شجرة البحث الثنائية (Binary Search Tree): 37
4.2 خاتمة الفصل : 39
3. الفصل الثالث : تحليل وتصميم النظام. 40
1.3. مقدمة 40
2 .3. تحليل متطلبات النظام: 41

1.2.3. المتطلبات الوظيفية(Functional Requirements) : 41
2.2.3 المتطلبات غير الوظيفية(Non Functional Requirements) 42
3.3 مخططات توضيحية : 42
4.3 خاتمة الفصل : 50
4. الفصل الرابع : مراحل تطوير المنصة والنتائج التي تم التوصل إليها 51
1.4 مقدمة:..... 51
2.4. الأدوات والتقنيات المستخدمة :..... 51
1.2.4 لغات البرمجة وهيكلة البيانات : 51
1.1.2.4 لغة JavaScript : 51
2.1.2.4 لغة Json (JavaScript Object Notation): 53
.2.2.4 إطارات العمل وبيئات التطوير: 53
1.2.2.4 مكتبة React .js : 53
2.2.2.4 أداة Vite: 55
3.2.4 التصميم والجماليات البصرية ؛..... 55
1.3.2.4 (Cascading Style Sheets) CSS : 55
2.3.2.4 (Scalable Vector Graphics) SVG : 56
4.2.4 بيئة العمل المساعدة :..... 56
1.4.2.4 أداة Visual Studio Code : 56
3.4 هيكلة المشروع (Project Structure) 58
4.4 واجهات المستخدم : 59
1.4.4 واجهة الصفحة الرئيسية (Home Page) :..... 59
2.4.4 واجهة مكتبة الخوارزميات (Algorithms Library Page) :..... 61
3.4.4 واجهة عرض التصور أو المحاكاة (Visualiser Page) : 62
5.4 تنفيذ الخوارزميات : 64
1.5.4 نبذة عن الخوارزمية :..... 64
2.5.4 آلية تنفيذ الخوارزمية داخل المنصة : 64
1.2.5.4 تمثيل الرسم البياني: 64
2.2.5.4 ترتيب الحواف حسب الوزن: 65
3.2.5.4 حفظ خطوات التنفيذ:..... 66
3.5.4 التصور البصري للخوارزمية : 66

1 .3 .5.4 استعمال ال SVG : 66
2 .3 .5 .4 تغيير الألوان: 67
3.3 .5 .4 تحديث الرسم تدريجيا: 67
4. 5. 4 **مثال تطبيقي :** 68
6 .4 النتائج النهائية: 70
7 .4 التحديات والصعوبات : 63
8 .4 الآفاق المستقبلية : 64
9 .4 خاتمة الفصل : 65
الخاتمة العامة: 74
ملخص المذكرة : 75
قائمة المراجع 68

فهرس الصور

الصورة 1.1 الواجهة الرسومية لأداة تصور الخوارزمياتBALSA [3]. 13
الصورة 1.2 الواجهة الرسومية لأداة GeomVis [7]. 15
الصورة 1.3 العناصر التفاعلية الموجودة في Player Application [5] 18
الصورة 1.4 توضيح العناصر التفاعلية لأداة IsvauS [4]. 20
الصورة 1.5 بعض التصورات الخوارزمية التي توفرها أداة VisuAlgo [9] 24
الصورة 1.6 العناصر التفاعلية الموجودة في أداة VisuAlgo [9] 25
الصورة 1.7 العناصر التفاعلية التي توفرها أداة Visualize DSA [10] 26
الصورة 1.8 خدمات إضافية توفرها أداة Visualize DSA [10]. 27
الصورة 1.9 واجهة عرض تصور الخوارزميات في ALGOViz [11]. 27
الصورة 1.10 واجهة عرض الخوارزمية لأداة SEE ALGORITHMS [12] 28

الصورة 4.1 المنطق الرياضي لخوارزمية الترتيب الفقاعي(Bubble Sort) 52
الصورة 4.2 مقطع من Algorithms.json يمثل بيانات خوارزمية الترتيب الفقاعي (Bubble Sort) 53
الصورة 4.3 استعمال useState في بناء المنصة 54
الصورة 4.4 توضح استعمال useEffectفي بناء المنصة 55
الصورة 4.5 ستخدام SVG في رسم العناصر البصرية الخاصة بتصور خوارزميات الأشجار 56
الصورة 4.6 أداة VS Code المستعملة في تطوير هذه المنصة 57
الصورة 4.7 تنظيم ملفات المشروع 58
الصورة 4.8 لقطة شاشة لواجهة المستخدم الرئيسية 59
الصورة 4.9 لقطة شاشة لواجهة المستخدم الرئيسية في الوضع الليلي 60
الصورة 4.10 لقطة شاشة لواجهة مكتبة الخوارزميات 61
الصورة 4.11 لقطة شاشة لصفحة عرض المحاكاة بصريا قبل معالجة البيانات 62
الصورة 4.12 لقطة شاشة لصفحة عرض المحاكاة أثناء عملية المحاكاة لخوارزمية الترتيب الفقاعي 63
الصورة 4.13 قائمة المجاورة واحداثيات العقد على الشاشة بصيغة JSON 65
الصورة 4.14 مقطع خوارزمي لترتيب الحواف تصاعديا حسب الوزن 65
الصورة 4.15 التسجيل اللحظي أثناء تنفيذ الخوارزمية 66
الصورة 4.16 رسم الحواف واضافة الاوزان بواسطة SVG 66
الصورة 4.17 مقطع من CSS يبين كيفية تغيير لون الحافة 67
الصورة 4.18 كيفية ارجاع المصفوفة الى React 67
الصورة 4.19 مرحلة ما قبل التنفيذ 68
الصورة 4.20 مرحلة ما بعد التنفيذ 69
الصورة 4.21 مرحلة أثناء التنفيذ 69

فهرس الجداول الخوارزميات والمخططات

جدول 1-1 النتائج البحثية التي تم التوصل إليها بعد دراسة الأدوات ال 10[2]..... 22
جدول 2-1 تحليل ومقارنة بين المنصات المدروسة..... 29
جدول 1-2 تواجد الخوارزميات الشهيرة في المنصات الأربعة..... 38

التمثيل الخوارزمي 1 خوارزمية الترتيب الفقاعي..... 31
التمثيل الخوارزمي 2 خوارزمية الترتيب بالاختيار..... 32
التمثيل الخوارزمي 3 خوارزمية الترتيب بالإدراج..... 32
التمثيل الخوارزمي 4 خوارزمية الترتيب بالدمج..... 33
التمثيل الخوارزمي 5 خوارزمية الترتيب السريع..... 33
التمثيل الخوارزمي 6 خوارزمية البحث الخطي..... 34
التمثيل الخوارزمي 7 خوارزمية البحث الثنائي..... 34
التمثيل الخوارزمي 8 خوارزمية بريم..... 35
التمثيل الخوارزمي 9 خوارزمية ديكسترا..... 35
التمثيل الخوارزمي 10 خوارزمية كروسكال..... 36
التمثيل الخوارزمي 11 خوارزمية البحث بالعمق أولا..... 36
التمثيل الخوارزمي 12 خوارزمية البحث بالعرض أولا..... 37
التمثيل الخوارزمي 13 خوارزمية شجرة البحث الثنائية..... 37

رسم توضيحي 1 يوضح العمليات والوظائف المتاحة للمستخدم عند تفاعله مع المنصة..... 42
رسم توضيحي 2 يوضح التفاعل بين مكونات المنصة عند القيام بطلب تصور خوارزمية الترتيب الفقاعي..... 43
رسم توضيحي 3 ترابط مكونات المنصة مع بعضها ومع قاعدة البيانات والخطاف المخصص بالإضافة إلى توزع الدوال والمتغيرات بينهم..... 44
رسم توضيحي 4 يوضح نشاط تصور خوارزميات الترتيب و القوائم المرتبطة..... 46
رسم توضيحي 5 يوضح نشاط تصور خوارزميات البحث..... 47
رسم توضيحي6 مخطط نشاط تصور خوارزميات الأشجار والرسوم البيانية..... 49

المقدمة العامة:

شهد العالم مؤخرا تحولا كبيرا نحو الرقمنة واستعمال الويب والتطبيقات الرقمية في مختلف القطاعات الاقتصادية والاجتماعية وغيرها ، ومن هذه القطاعات التي شهدت هذا التطور قطاع التعليم .

من بين طرائق التعليم الحديثة في عالم الرقمنة الوسائل البصرية والتصورات الرقمية ، التي تعد أسلوبا لعرض البيانات والمعلومات بطريقة واضحة وسهلة الفهم ، والتي أثبتت جدارتها في تمكين الطالب من استيعاب كميات كبيرة من البيانات في وقت قصير جدا .

من أهم المجالات التي تم إجراء بعض الدراسات على فعالية هذه الطريقة في تعلمها مقارنة بالطرق التقليدية هي علوم الحاسوب ، التي تعتمد على المفاهيم غير المرئية والتحليل المنطقي ، حيث تعتبر الخوارزميات وهياكل البيانات القاعدة الأساسية في بناء الأنظمة البرمجية وحل المشكلات المعقدة .

وعلى الرغم من وجود الدراسات التي تثبت فعالية هذه الطريقة ، ووجود العديد من الأدوات في هذا المجال ، إلا أننا لا نزال نفتقر للبعض منها التي تراعي اللغة الأم لطالب علوم الحاسوب .

على هذا الأساس تم تصميم وتطوير منصة تعليمية تفاعلية تسهل على الطالب تعلم الخوارزميات وهياكل البيانات بطريقة أسرع مع دعم اللغة العربية لجعلها أكثر فعالية .

تم تنظيم هذا العمل في خمسة فصول رئيسية ، يتناول كل منها جانبا من مراحل إنجاز المشروع :

الفصل الأول : خصص لتحليل الواقع الحالي لتعلم الخوارزميات وهياكل البيانات في الوطن العربي والمحلي ، ودراسة بعض الأبحاث الحديثة والمنصات التي ضمن المجال .

الفصل الثاني: خصص لتحديد الخوارزميات الأكثر شهرة بين المنصات المناسبة.

الفصل الثالث: تم فيه تحليل وتصميم بنية المشروع .

الفصل الرابع : خصص عرض التقنيات المستعملة وأهم مراحل إنجاز المشروع والنتائج التي تم التوصل إليها.

1. الفصل الأول : تحليل الدراسات السابقة للموضوع .

1.1 المقدمة:

يعتبر مجال تصور الخوارزميات وهياكل البيانات(Algorithm and Data Structure Visualization) من المجالات الرائدة التي تساهم بشكل كبير في تعليم علوم الكمبيوتر، وهو عبارة عن تمثيلات بصرية (صور ، رسوم متحركة) ، تظهر كيفية عمل الخوارزميات خطوة بخطوة ، أي تحويلها من مفاهيم مجردة إلى ملموسة وسهلة الفهم ، وبالتالي تعزيز التعلم .

الهدف من هذا الفصل هو تحليل الواقع التعليمي للخوارزميات وهياكل البيانات في الجامعات العربية المحلية ، ثم التعريف بمجال التصور البصري للخوارزميات وهياكل البيانات من خلال عرض المفاهيم الأساسية وتتبع تطوره ،بالإضافة إلى دراسة وتحليل بعض الأطروحات السابقة والمقالات ذات الصلة والمنصات المشابهة في هذا المجال ، وذلك من أجل تقييم الخصائص التقنية والتفاعلية المستخدمة ، وتحديد نقاط القوة والضعف في كل واحدة منها ، وبالتالي تحديد الفجوات البحثية . هذا التحليل سيكون الأساس التقني والتطويري الذي سيبنى عليه هذا المشروع الذي يهدف إلى تصميم وتطوير أفضل منصة تعليمية تفاعلية لتصور الخوارزميات وهياكل البيانات موجهة للطالب , تدعم اللغة العربية.

2.1 و اقع تعليم الخوارزميات وهياكل البيانات في الجامعات العربية المحلية :

على الرغم من التطور الذي يشهده تعليم الخوارزميات وهياكل البيانات في الجامعات المحلية من حيث توفر المصادر التعليمية على عكس السابق ، إلا أنه لا يزال يتم التدريس بالطريقة التقليدية الأكثر شيوعا (السبورة والورقة والقلم) ، والتركيز على الجانب النظري (تعريفات , خوارزميات كلاسيكية) وبالتالي ضعف الجانب التطبيقي ، وهذا هو أكبر تحدي يواجه الطلبة ويؤثر على جودة تعلمهم. كما أن اغلب المفاهيم في هذا المجال تحتاج إلى تصور عمل الخوارزميات تدريجيا بشكل بصري ، بينما يأخذها الطالب كمفاهيم مجردة تحفظ فقط ، بالإضافة إلى محدودية المصادر العربية مما يفرض على الطالب التنقل بين المصادر الأجنبية وبالتالي التنقل بين عدة لغات ، وهذا يزيد من تعقيد عملية التعلم

.

وبناء على ذلك تظهر الحاجة إلى تطوير منصة تعليمية تعتمد على التفاعل والتجسيد البصري ودعم اللغة العربية ، مما يساهم في تحسين فهم الطلبة .

3.1 الإطار المفاهيمي وتطور المجال :

1.3.1 تعريف التصور البصري :

التصور البصري هو مجال يعرف عنه أنه أساسا يعتمد على استخدام الوسائط البصرية، مثل : الصور ، الرسوم المتحركة ، والمخططات ،...إلخ، لتمثيل البيانات والمفاهيم المجردة بطريقة تساعد وتسهل عملية الفهم ، وبالتالي الهدف الرئيسي من هذا المجال هو تبسيط البيانات والمعلومات المعقدة وتوضيحها بشكل أسرع بتحويلها من مفاهيم مجردة إلى أشكال مرئية[1] .

2.3.1 تصور الخوارزميات وهياكل البيانات:

تعد الخوارزميات وهياكل البيانات مفاهيم أساسية في مجال علوم الحاسوب، تعتمد على التفكير المجرد والتحليل المنطقي مما يجعلها صعبة الفهم بالنسبة للطالب خاصة بالطرق التقليدية التي تعتمد على الشرح النظري فقط ،وانطلاقا من هذه المشكلة تم استعمال التصور البصري في هذا المجال وهو ما يعرف بتصور الخوارزميات ،حيث يجعل عملية التعلم أسهل وأيسر وذلك من خلال عرض كيفية سير عمل الخوارزميات وهياكل البيانات خطوة بخطوة باستخدام تمثيلات بصرية ديناميكية (رسوم متحركة ،مخططات ، أشجار ، وقوائم ،...إلخ) , مما يساهم في تحسين جودة التعلم باستيعاب مفاهيم أكثر (النتائج النهائية وكيفية الوصول إليها) في وقت أقل[1]، [2] .

3.3.1 المفاهيم الأساسية في تصور الخوارزميات:

تتشكل بنية مجال تصور الخوارزميات من مجموعة من المفاهيم الأساسية التي تتمثل في :

1.3.3.1 التمثيل البصري (Visual Representation):

هو عرض البيانات أو المفاهيم المجردة للخوارزميات بطريقة مرئية كمربعات تعرض القيم مثلا أو أسهم تمثل العلاقات، بالإضافة إلى الألوان التي تشير إلى الحالة (مقارنة ، تم اختياره ،...)،و هذا بدل الاكتفاء بالشروح النصية ، بهدف تسهيل الفهم وزيادة الوضوح [2]،وللتمثيل البصري أنواع متدرجة تتمثل في :

- تمثيل ثابت (state) : مجموعة من الصور والرسومات بدون حركة؛
- تمثيل ديناميكي (Dynamic): مجموعة من الرسوم المتحركة التي تتغير مع الزمن[3] ؛
- تمثيل تفاعلي (Interactive) : يتحكم المستخدم في التنفيذ بإدخال البيانات والتحريك خطوة بخطوة[4].

2.3.3.1 الرسوم المتحركة (Animation):

هي أسلوب بصري يعتمد على عرض التغيرات التي تحدث أثناء تنفيذ الخوارزمية بسرعة معينة خطوة بخطوة بشكل ديناميكي توحي للمستخدم بوجود حركة متتابعة مع تطور الزمن ، مثل: تبديل العناصر في خوارزميات الترتيب[3].

3.3.3.1 التتبع (Execution Trace):

هو تسجيل مجموعة الخطوات التي تنفذها الخوارزمية أثناء عملها ، وعرضها للمستخدم بطريقة تسمح بفهم كيفية تغير البيانات والقيم داخل الخوارزمية في كل خطوة ، وبالتالي فهم كيفية سيرها وتنفيذها [2]،[5].

4.3.3.1 التفاعل (Interactivity):

هو قدرة المستخدم على التحكم في عملية تنفيذ الخوارزمية عوض الاكتفاء بالمشاهدة فقط [4]، ويشمل:

- إدخال البيانات ؛
- التنفيذ خطوة بخطوة؛
- التحكم في السرعة ؛
- التوقف والاستئناف.

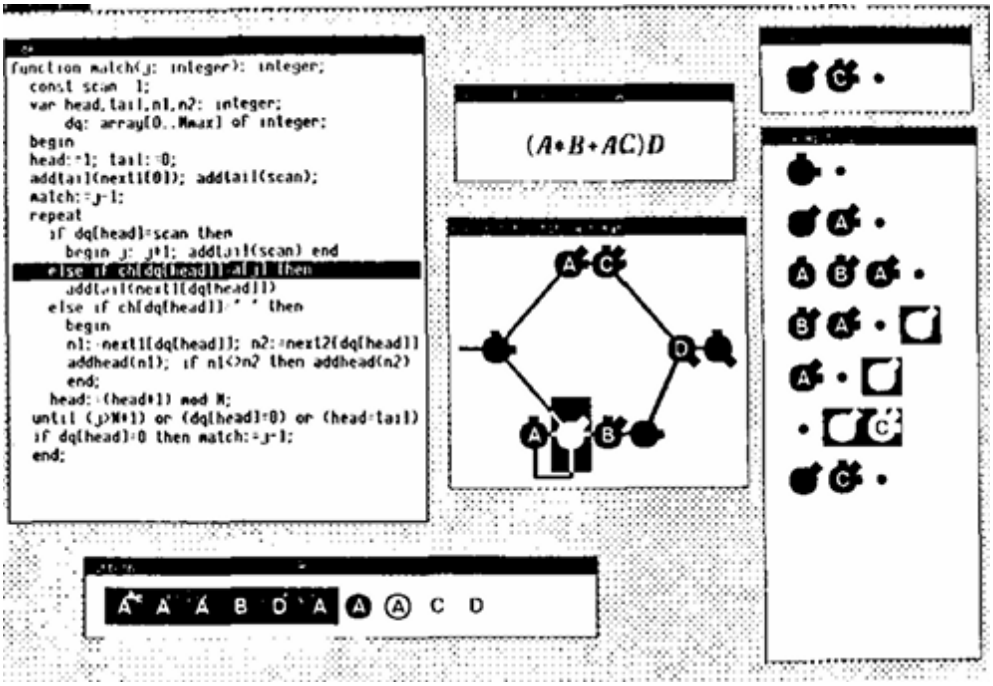
5.3.3.1 التغذية الراجعة (Feedback)

يقصد بها تفاعل النظام مع المستخدم بعد تنفيذ إجراء ما ،وهذا بهدف :

- توضيح النتائج بعد التنفيذ ؛
- شرح التغيرات التي تحدث في كل خطوة [4]، [5].

4.1 البداية الأولى لتصور الخوارزميات :

أول أداة معترف بها في مجال تصور الخوارزميات هي أداة BALSA التي تعتبر حجر الأساس في هذا المجال ، طورت من طرف Marc H. Brown بالتعاون مع Robert Sedgewick عام 1984 [1]، [3] .



الصورة 1.1 الواجهة الرسومية لأداة تصور الخوارزمياتBALSA [3].

تهدف إلى تحسين المفهوم المجرد للخوارزميات بتحويله إلى رسوم متحركة تعرض ما يحدث داخل الخوارزمية ، أي عملية تنفيذها خطوة بخطوة ، مع فصل منطق الخوارزمية عن العرض البصري ، اعتمد نظام BALSA على فكرة تسجيل الأحداث (Events) في كل خطوة من خطوات تنفيذ الخوارزمية مثل : المقارنة ، التبديل ، ... إلخ . ثم تحويل هذه الأحداث إلى مشهد بصري من خلال الرسوم والحركات كما هو موضح في الصورة 1 .

تتميز هذه الأداة بكونها أول نظام حقيقي يجسد الخوارزميات في أشكال مرئية ، وبالتالي إدخال فكرة التصور البصري في المجال [3] ، [1].

وبالرغم من هذا تبقى هذه الأداة محدودة جدا لكونها غير تفاعلية البتة ، ولا تسمح للمستخدم بالمشاركة في عملية التعلم ، وتعتبر صعبة الاستخدام نوعا ما ، هذا أدى لاحقا إلى ظهور أنظمة أكثر تطورا تعتمد على التفاعل والتعليم.

5.1 تحليل ودراسة الأعمال الأكاديمية ذات الصلة :

تظهر الدراسات والأطروحات في هذا المجال توجهين رئيسيين : توجه تقني يركز على كيفية بناء أنظمة التصور، وتوجه تعليمي يركز على تحسين تجربة التعلم.

1.5.1 الأبحاث والدراسات السابقة:

1.1.5.1 دراسة Alexander Joel D. Alon (2010) :

The AlgoViz Project: Building an Algorithm Visualization Web Community

أطروحة ماجستير في علوم الحاسوب تم انجازها من طرف Alexander Joel D. Alon عام 2010 كلية الفنون التطبيقية جامعة فرجينيا .

الفكرة الأساسية لهذا المشروع هي تطوير بيئة التعلم من كونها معزولة داخل أدوات تعليمية مغلقة إلى بيئة جماعية تشاركية بين عدد من الباحثين والمعلمين بالإضافة إلى الطلاب ، يسمح هذا المشروع بـ:

- مشاركة أدوات تصور الخوارزميات ؛
- بناء مكتبة شاملة تجمع الخوارزميات المصورة مفتوحة المصدر، وبالتالي إعادة استخدامها أو المساهمة بها ؛
- تبادل التصورات التعليمية وتحسين الخوارزميات بطريقة تعاونية ، وبالتالي تعزيز التعلم التعاوني في هذا المجال .

من الناحية التقنية يتوجه هذا المشروع نحو تطبيقات الويب ، ويتم تشغيله مباشرة على المتصفح ، يعتمد في تصميم بنيته على وحدات مستقلة ، حيث يعتبر منطق الخوارزمية وحدة ، وتحويل خطوات الخوارزمية لشكل يمكن

تحويله لاحقا إلى مرئي , وأخيرا عرض الخوارزمية مرئيا . أيضا يعتمد على تحويل الخوارزمية إلى سلسلة من الأحداث التي تسجل أولا ثم تخزن ثم يتم عرضها في الشاشة ، بالإضافة إلى الفصل بين منطق الخوارزمية والعرض البصري ، وكذلك يدعم النظام التفاعل ولكن بشكل محدود[6].

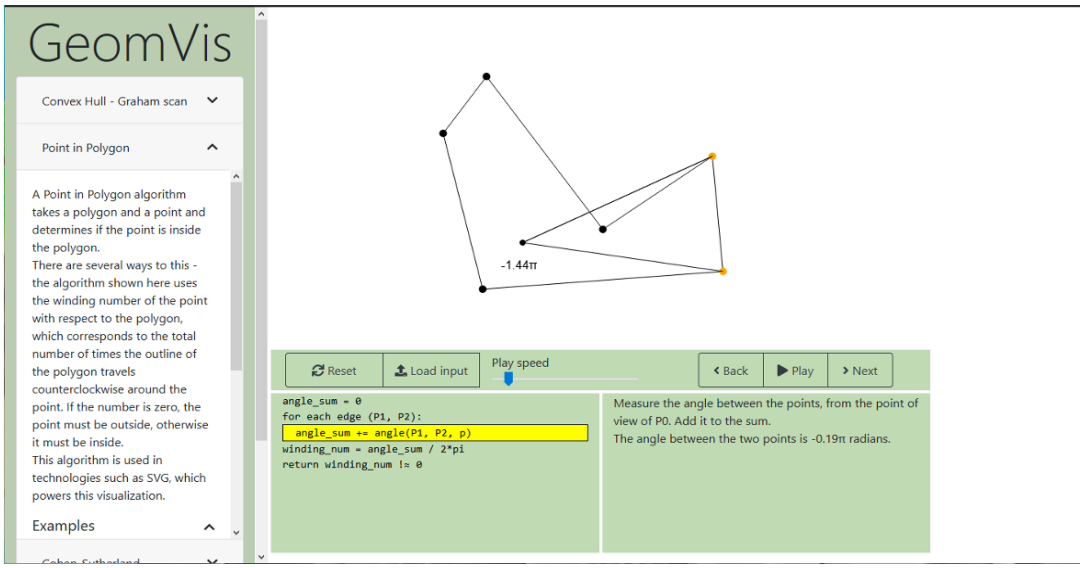
يركز المشروع على الجانب التقني أكثر من التعليمي ويخدم الباحثين أكثر من الطلبة، مما يجعله أقل ملاءمة للاستخدام التعليمي المباشر وهذا يفتح المجال لتطوير أنظمة أكثر تكاملا .

2.1.5.1 دراسة Ricardo Miguel Tiago Farracho (2019) :

GeomVis: WebApp for Computational Geometry Algorithm Visualization

أطروحة ماجستير في علوم نظم المعلومات وهندسة الحاسوب تم انجازها من طرف Ricardo Miguel Tiago Farracho عام 2019

تتمثل في تطبيق ويب يحتوي مجموعة من التصورات تشرح كيفية عمل مجموعة من خوارزميات الهندسة الحسابية (5 خوارزميات) ، يحتوي الشكل النهائي للتطبيق على قائمة بالخوارزميات على اليسار ولوحة الرسم الرئيسية في الوسط ومجموعة من عناصر التحكم (تشغيل نإيقاف ، تقدم ، تراجع) في الأسفل . ولوحة لعرض الكود الشبه برمجي ، وشرح للخطوة الحالية كما هو موضح في الصورة 2 .



الصورة 1.2 الواجهة الرسومية لأداة GeomVis [7].

يعمل هذا التطبيق في المتصفح باستخدام تقنيات قياسية (HTML ,CSS , Typescript ,SVG) ، لعرض التصورات لخوارزميات الهندسة الحسابية ، ويعتمد بناؤه على الوحدات ، كل خوارزمية هي وحدة مستقلة تقوم أولا بحساب جميع خطوات التنفيذ مسبقا وتخزينها كقائمة من الخطوات ، كل خطوة تحتوي على مجموعة من الإجراءات التي ستغير الشاشة ، هذا يسمح للمستخدم بالتحكم الكامل (التقدم ، التراجع ، الإبطاء) في العرض[7] .

تم اختبار التطبيق على مجموعة تجريبية وقد حققت نتائج واضحة وجيدة مقارنة مع المجموعة التي تعلمت بطريقة تقليدية، حققت الأطروحة مجموعة الأهداف التي سطرتها والمتمثلة في :

- تطوير بيئة تفاعلية لتصور الخوارزميات بشكل مرئي؛
- توفير خصائص تسمح للمستخدم بالتحكم الكامل في البيانات المدخلة وملاحظة النتائج مباشرة ؛
- التركيز على الجانب التطبيقي والتجريبي في التعلم؛
- دعم مجموعة من الخوارزميات الجديدة غير المتوفرة في باقي المنصات ؛
- تحقيق تقدم واضح بنسبة 65% في جودة التعليم مقارنة بالطريقة التقليدية ؛
- جعل الأداة مفتوحة المصدر (open source) حتى يتمكن الآخرون من تطويرها مستقبلا وإضافة خوارزميات جديدة .

لكن مع كل هذه النتائج الإيجابية سجلت الأطروحة بعض النقائص، أهمها:

- عدم دعم اللغة العربية؛
- عدد الخوارزميات قليل جدا (05) مقارنة بالمجال الواسع ؛
- لا يوجد مراعاة لمستوى الطالب (مبتدئ/متقدم)؛
- لا يراعي المناهج التعليمية المحلية أو الجامعية فهو عام أكثر؛
- محدودً بمجال معين، ولا يقدم حلاً عامًا لتعليم الخوارزميات.

1.2.5.1 دراسة Giacomo Mariani (2020) :

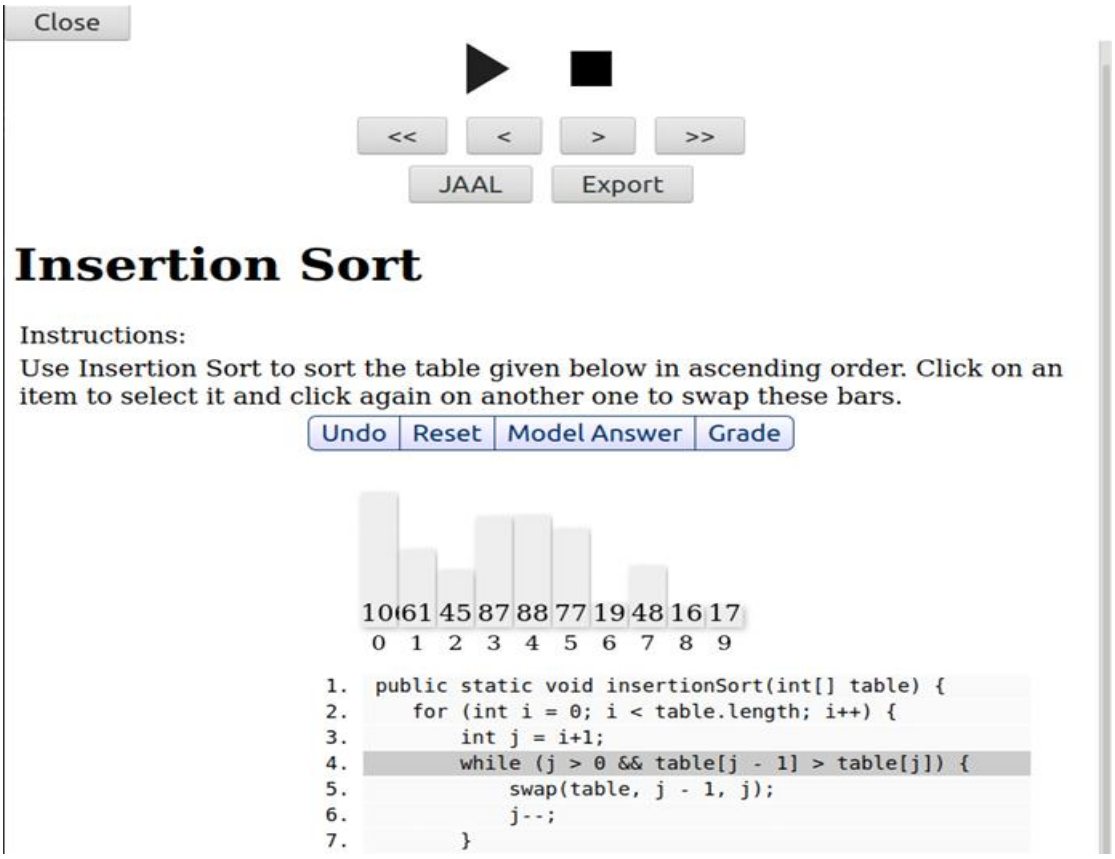
Design of an Application to Collect Data and Create Animations from Visual Algorithm Simulation Exercises

أطروحة ماجستير في علوم نظم المعلومات وهندسة الحاسوب ، تم انجازها من طرف Giacomo Mariani عام 2020 جامعة آلتو (Aalto University).

تتمثل في تصميم تطبيق لجمع بيانات تنفيذ الخوارزميات وإنشاء رسوم متحركة انطلاقا من تمارين محاكاة الخوارزميات البصرية ، يعتمد التطبيق في بنيته على ثلاث وحدات أساسية متمثلة في :

- وحدة لتنفيذ الخوارزمية ؛
- وحدة لجمع البيانات ؛
- وحدة لعرض التصورات .

تعمل هذه الوحدات كما يلي : يتم أولا تنفيذ الخوارزمية ، وخلال ذلك تسجل كل خطوة من الخوارزمية كحدث مستقل وتخزن، ثم أخيرا يتم تشغيل الأحداث المخزنة على شكل رسوم متحركة .



الصورة 1.3 العناصر التفاعلية الموجودة في Player Application [5]

بالرغم من أن هذه الأداة تعتمد على التصور إلا أن التفاعل فيها محدود كما هو ظاهر في الصورة 3 ،حيث توفر للمستخدم هذه الخصائص فقط :

- تشغيل | إيقاف التصور ؛
- إعادة التشغيل ؛
- التحكم في تنفيذ الخوارزمية خطوة بخطوة ؛
- التحكم في سرعة التنفيذ.

تم تنفيذ هذا المشروع باستخدام التقنيات المتمثلة في JavaScript ومكتبة JSAV وهي مكتبة تهدف إلى تسهيل إنشاء التصورات للخوارزميات وهياكل البيانات ودعم التفاعل مع المستخدمين ، أيضا JSON و HTML5 و CSS3 و لغة JAAL لوصف الرسوم[5].

2.2.5.1 دراسة Farbod Raubetean (2016) :

Algorithm Analysis in OpenDSA – An Online, Open Source, Interactive Platform for Data Structures.

أطروحة ماجستير في علوم الحاسوب ، تم انجازها من طرف Farbod Raubetean عام 2016 جامعة فنلندا .

تتناول هذه الأطروحة طريقة دمج تحليل الخوارزميات داخل المنصة التفاعلية OpenDSA ، وهي من أبرز الأنظمة في مجال تصور الخوارزميات ، أي أن الهدف الأساسي وراء هذا هو فهم أداء الخوارزميات وتحليلها (الوقت المستغرق , التعقيد ,...)داخل بيئة تفاعلية دون الاكتفاء بعرض الخوارزميات فقط .

تعتمد بنية التطبيق على مجموعة من الوحدات المتمثلة في :

- وحدة لتنفيذ الخوارزميات باستخدام js وتسجيل أهم العمليات الأساسية كالمقارنات والتبديلات ؛
- وحدة التصور تعتمد على JSAV.؛
- وحدة تحليل الأداء ويتم فيها حساب عدد العمليات وربطها بحجم المدخلات ،واستنتاج التعقيد الزمني ؛
- وحدة التفاعل التي تسمح للمستخدم بتغيير حجم البيانات وإدخال قيم مختلفة مما يسمح للمستخدم بملاحظة تأثير هذه التغيرات على الأداء .

توفر هذه الأداة وحدات تفاعلية كما بينا سابقا ، بالإضافة إلى تمارين مع تغذية راجعة فورية تسمح للمستخدم بملاحظة الأخطاء وتصحيحها فوريا ،ويقدم تجربة تعليمية متكاملة[8]. إلا أن محدوديته تكمن في كونه غير مخصص لمنهج معين، إضافة إلى عدم دعمه للغة العربية.

3.2.5.1 دراسة Patrik Perhac و Slavomır Simonak (2022):

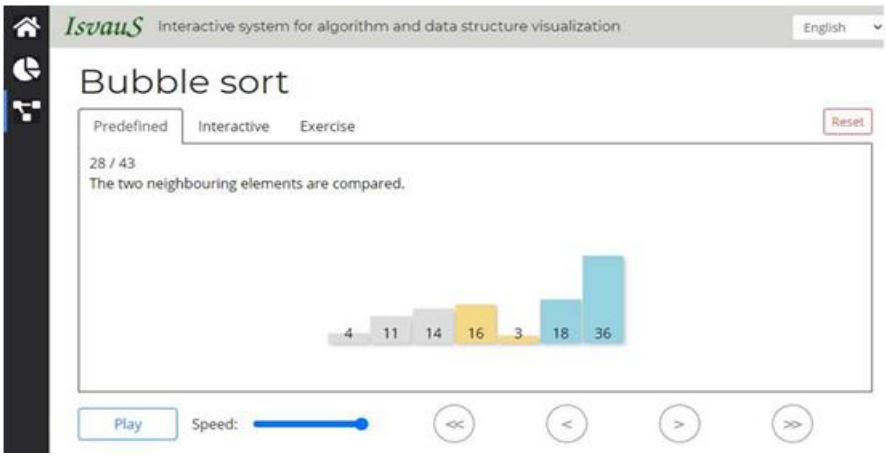
Interactive System for Algorithm and Data Structure Visualization

تمت هذه الدراسة من طرف Patrik Perhac و Slavomır Simonak عام 2022

تتناول هذه الدراسة تصميم وتطوير نظام تفاعلي يهدف إلى تحسين جودة تعلم الخوارزميات وهياكل البيانات من خلال التصور المباشر وتوفير الخصائص التفاعلية للمستخدم ، مما يسمح بالتحكم المباشر في عملية تنفيذ الخوارزميات وهياكل البيانات دون الاكتفاء بالعرض والمشاهدة فقط[4] .

يتكون النظام من عدة وحدات أساسية [4]تتمثل في :

- وحدة منطق الخوارزميات (Algorithm Layer) تتم فيا عملية التنفيذ؛
- وحدة التمثيل البصري (Visualization Layer) تتم فيها تحويل الخوارزميات الى عناصر مرئية ؛
- وحدة التفاعل (Interaction Layer) يتم فيها ادخال البيانات ، تعديل القيم ،التحكم في السرعة ،...الخ؛
- وحدة التحكم (Control Layer) تشمل: Play / Pause, Reset ... الخ.



الصورة 41. توضيح العناصر التفاعلية لأداة IsvauS [4].

العناصر التفاعلية التي تم ذكرها سابقا والموضح بعضها في الصورة 4، تجعل المستخدم جزء من عملية التعلم وليس مجرد مشاهد.

مع هذا تبقى هذه الدراسة قابلة للانتقاد حيث:

- غير مخصص نحو منهج تعليمي معين؛
- لا يدعم اللغة العربية.

4.2.5.1 أحدث دراسة في المجال (2026) :

A Comprehensive Literature Review of Algorithm and Data Structure Visualization Tools: Research Gaps and Future Directions

هذا المقال المعد من طرف مجموعة من الباحثين يعتبر من أحدث الدراسات في مجال تصور الخوارزميات ، نشر بتاريخ 16 فيفري من هذا العام أي 2026 ، حيث قاموا بتحليل مجموعة من الأدوات والأبحاث المنشورة في هذا المجال ما بين عام 2008 و 2025 بهدف تقييم التقنيات التي تم استخدامها في أدوات تصور الخوارزميات وهياكل البيانات ، ودرجة التفاعلات المسموحة للمستخدم ،وتقييم فعالية هذه الأدوات في التعليم ، وأخيرا استنتاج أهم الفجوات البحثية الغير معالجة بعد[2] .

اعتمدت الدراسة على تحليل 10 أبحاث علمية حديثة و تقييم كل نظام حسب:

- نوع الخوارزميات المستخدمة؛
- تقنيات التصور المستعملة؛
- مستوى التفاعل ؛
- التقنيات المستخدمة في بناء الأداة ؛
- الإطار التعليمي.

المرجع	الخوارزميات المغطاة	هياكل البيانات	المنصة	التفاعل	الميزات الرئيسية
[1]	Quicksort, Mergesort	Arrays	Web	متوسط	GSAP animations, modular React components
[2]	9 Pathfinding, 4 Sorting	Graphs, Arrays	Web	مرتفع	تفاعل لإنشاء المتاهات، إدخال مخصص
[3]	BST operations	Binary Trees	سطح مكتب	مرتفع جداً	سحب وإفلات، تقييم تلقائي
[4]	مجموعة شاملة (مقترح)	Arrays, Lists, Trees, Graphs	Web (مقترح)	مخطط	روبوت محادثة ذكي مقترح، تعلم تكيفي
[5]	Bubble Sort, Selection Sort, Linear Search, Binary Search	Arrays	Web	أساسي	توليد بيانات عشوائية، التحكم في السرعة
[6]	Bubble, Merge, Quick Sort	Web	Arrays, Linked Lists	متوسط	عرض الكود جنبا إلى جنب، تتبع التقدم
[7]	6 Sorting, 3 Searching	Web	Arrays	مرتفع	تصور مقارن، دعم مجموعة بيانات كبيرة
[8]	Linked Lists, Stack operations	Web/Mobile (مقترح)	Linear structures	متوسط	تصورات باستخدام D3.js، معمارية بثلاث طبقات
[9]	Spatial algorithms	Web	Spatial Trees, Graphs	مرتفع جداً	مزامنة متعددة العروض، تقييم تلقائي
[10]	Survey of various algorithms	Various	Various	متنوع	مقارنة شاملة للتصنيفات التقنية

جدول 1-1 النتائج البحثية التي تم التوصل إليها بعد دراسة الأدوات ال 10[2]

ومن أهم النتائج البحثية التي تم التوصل إليها :

- لا توجد منصة متكاملة شاملة تغطي كل المتطلبات؛
- معظم الأنظمة تركز على: خوارزميات البحث والترتيب (Sorting& Searching) لكن تهمل: خوارزميات ال(Graph algorithms) وهياكل البيانات المتقدمة (Advanced data structures)؛
- هيمنة تقنيات الويب الحديثة من React و D3.js و GSAP؛
- التركيز على التقنية بدل التعليم (شرح ضعيف ، تعلم غير موجه ،...).
- ضعف التفاعل الحقيقي.

أما بالنسبة للتقنية فتتمثل النتائج في :

- معظم الأنظمة تعتمد في بنائها على:
  - تطبيقات الويب (Web-based systems)؛

- تصميم قائم على الوحدات (Component-based design)؛
- تصور قائم على الأحداث (Event-driven visualization).

- معظم الأنظمة تعتمد تقنيات التصور البصري التالية:
  - الترميز اللوني (Color coding)؛
  - الرسوم المتحركة (Animation)؛
  - انتقالات الحالات (State transitions)؛
  - تمثيل العقد والحواف(Node-link diagrams).
- نماذج التفاعل المعتمدة في هذه الأنظمة :
  - التشغيل والإيقاف (Play / Pause)؛
  - التنفيذ خطوة بخطوة (Step-by-step)؛
  - إدخال بيانات مخصصة (Custom input)؛
  - السحب والإفلات (Drag-and-drop) موجودة في الأنظمة المتقدمة .

أما بالنسبة للقيمة التعليمية فتؤكد هذه الدراسة أن التصور البصري يساهم في تقليل العبء الذهني بشكل كبير ، ويحسن من جودة التعلم ويزيد نسبة التفاعل مع هذه الأدوات ، وهذا بشرط دمج ثلاث أشياء أساسية تتمثل في :

- توفر خصائص تسمح للمستخدم بالتفاعل ؛
- توفر شروحات مختصرة بجانب التصور ؛
- وجود تقييم لأداء المستخدم .

ومن أهم الفجوات البحثية التي تم استنتاجها من خلال هذه الدراسة هي :

- عدم وجود نظام شامل متكامل يغطي كل الخوارزميات وهياكل البيانات ؛
- عدم تخصيص الأنظمة للتكيف مع مستوى الطالب(مبتدئ، متوسط ، متقدم)؛

- غالبا لا توجد أنظمة تقيم المستخدم ؛
- عدم تخصيص الأنظمة حسب منهاج دراسي معين ؛
- نقص الأنظمة التي يمكن استعمالها من الهاتف ؛
- نقص الأنظمة تدعم فتح حسابات للمستخدمين وتتبع تقدمهم؛
- نقص الأنظمة التي تدعم التعلم الجماعي ؛
- غياب خوارزميات ال (Graph algorithms)المتقدمة و هياكل البيانات المعقدة(Data structures).

أخيرا تحث الدراسة على بناء أنظمة أو أدوات تفاعلية تتكيف مع مستوى المستخدم ومخصصة أكثر حسب المناهج الدراسية مع دمج تقنيات الذكاء الاصطناعي .

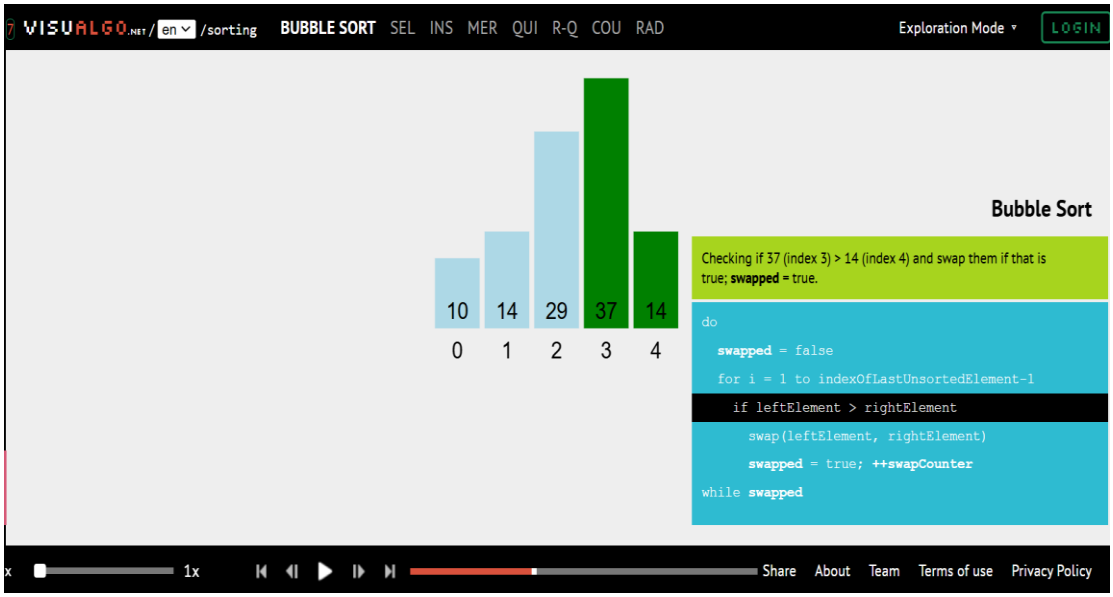
2.5.1 المنصات والأدوات المتاحة :

1.2.5.1 منصة VisuAlgo:

الصورة 1.5 بعض التصورات الخوارزمية التي توفرها أداة VisuAlgo [9] .

تعتبر منصة VisuAlgo من أشهر المنصات التفاعلية في مجال تصور الخوارزميات وهياكل البيانات ، حيث توفر عدد جيد من التصورات البصرية لمختلف الخوارزميات, وتمتلك واجهة واضحة كما موضح في الصورة 5 .

تدعم هذه المنصة التفاعل المباشر مع المستخدم بتمكينه من إدخال البيانات والتحكم في عملية سير الخوارزمية خطوة بخطوة وكذلك التحكم في سرعة التنفيذ و إعادة التشغيل ، بالإضافة إلى توفيرها للشروحات وشبه الكود الذي يتماشى تماما مع التصور ، مما يجعل الفهم أسرع أيسر بمراحل ، والصورة 6 توضح ذلك .



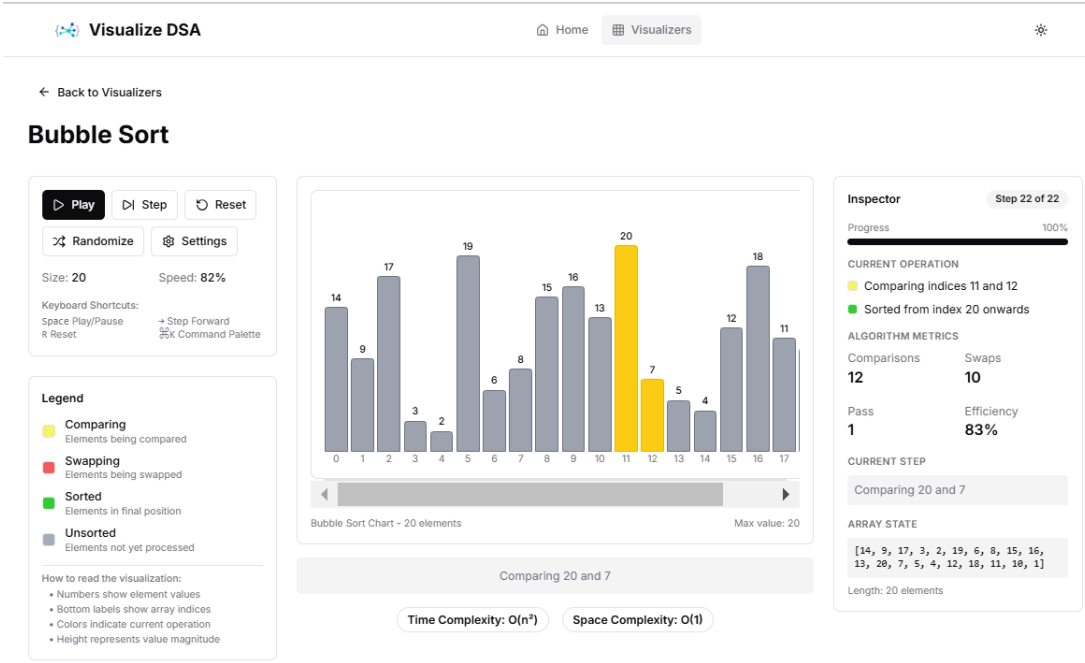
الصورة 1.6 العناصر التفاعلية الموجودة في أداة VisuAlgo [9]

لكن رغم كل هذا لا تزال هذه المنصة تفتقر إلى :

- لا يوجد نظام لتقييم الأداء؛
- لا يعتمد على منهج تعليمي معين؛
- لا يدعم اللغة العربية .

2.2.5.1 منصة Visualize DSA:

تعد هذه المنصة من المنصات التفاعلية في مجال تصور الخوارزميات وهياكل البيانات ، حيث توفر مجموعة من التصورات البصرية لمختلف الخوارزميات وهياكل البيانات بهدف تبسيط المفاهيم المجردة والمعقدة المتعلقة بهذا المجال ، تمتلك واجهة واضحة وسهلة ، أما التفاعلات المباشرة بين المستخدم والنظام متمثلة في تحديد حجم البيانات و تشغيل التصور وإيقافه وإعادته من البداية ، أيضا التحكم في التنفيذ خطوة بخطوة والتحكم في السرعة ، تضيف مفتاح يساعد المستخدم في فهم الألوان بالإضافة إلى لوحة تشير إلى أهم المعلومات المتعلقة بالخوارزمية أثناء تنفيذها . الصورة 7 تظهر ذلك .



الصورة 1.7 العناصر التفاعلية التي توفرها أداة Visualize DSA [10] .

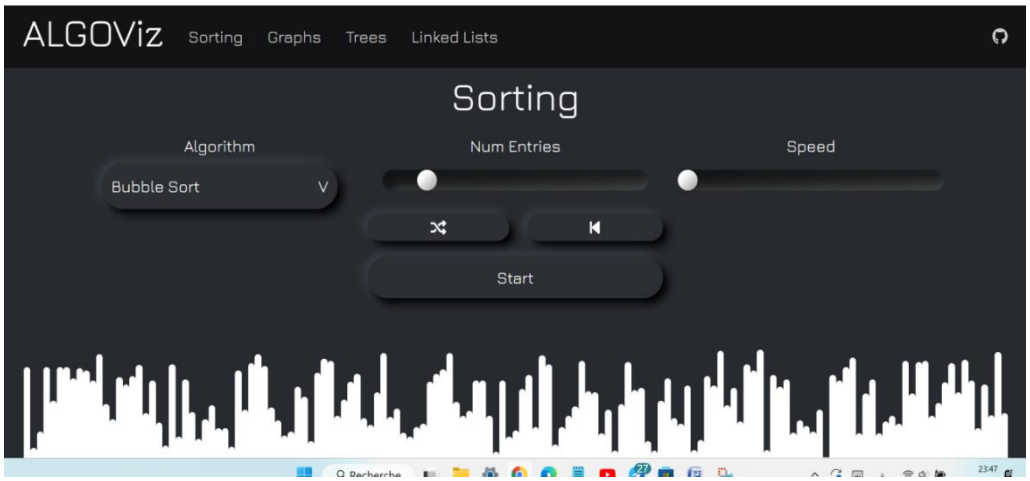
أيضا توفر هذه المنصة شرح نصي للخوارزمية ومجموعة من الأمثلة التي تعزز الفهم أكثر و كود الخوارزمية بعدة لغات برمجية ، الصورة 8 تبين ذلك .

الصورة 1.8 خدمات إضافية توفرها أداة Visualize DSA [10].

مع هذا لا يزال محتوى المنصة وعدد الخوارزميات محدود ، ولا يوجد تقييم ولا دعم للغة العربية ولا تخصيص من ناحية المناهج التعليمية .

3.2.5.1 منصة ALGOVis :

تعتبر هذه المنصة من المنصات التفاعلية في مجال تصور الخوارزميات وهياكل البيانات ، حيث توفر مجموعة من التصورات البصرية لعدد محدود جدا من الخوارزميات وهياكل البيانات، تمتلك واجهة واضحة وسهلة تلائم المبتدئين ،أما في ما يخص بين المستخدم والنظام متمثلة في تحديد حجم البيانات وبعثرتها و تشغيل التصور وإيقافه, والتحكم في السرعة وهي مصدر مفتوح يمكن للآخرين إضافة خوارزميات جديدة بتصوراتها إلى هذه المنصة ، الصورة 9 تظهر ذلك .

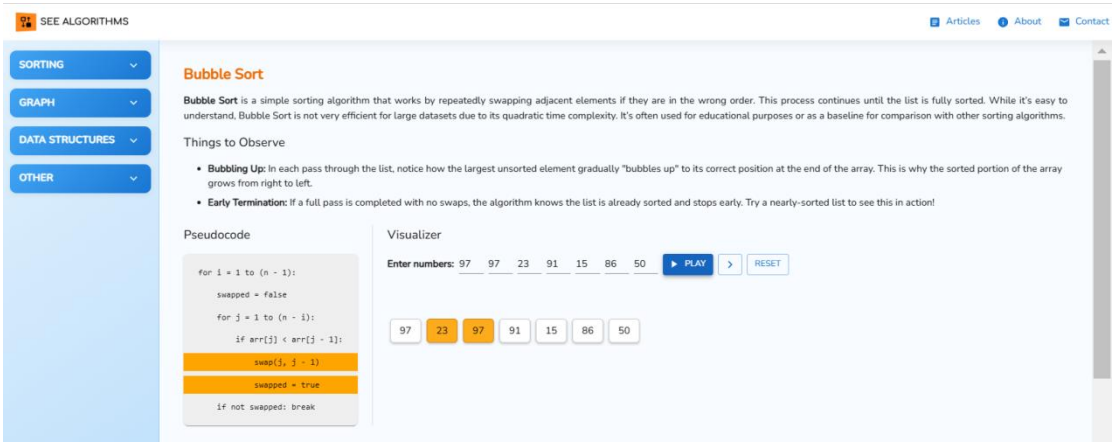


الصورة 1.9 واجهة عرض تصور الخوارزميات في ALGIViz [11].

مع هذا يظهر ضعف التفاعلات جليا بالإضافة إلى محدودية الخوارزميات وعدم تخصيصها لتناسب المناهج التعليمية أو مستوى الطالب وأيضا لا يوجد تقييم ولا دعم للغة العربية.

4.2.5.1 منصة SEE ALGORITHMS:

تعد هذه المنصة من المنصات التفاعلية في مجال تصور الخوارزميات وهياكل البيانات ، حيث توفر مجموعة من التصورات البصرية لمختلف الخوارزميات وهياكل البيانات بهدف تبسيط المفاهيم المجردة وجعلها أيسر للفهم ، تمتلك واجهة واضحة وسهلة جدا تناسب المبتدئين، تدعم التفاعل المباشر مع المستخدم حيث توفر تحديد حجم البيانات و تشغيل التصور وإيقافه وإعادته من البداية ، أيضا التحكم في التنفيذ بالتقدم خطوة، تضيف شرح نصي مختصر للخوارزمية، وشبه كود يتماشى مع التصور لزيادة نسبة الفهم أكثر . الصورة 10 تبين ذلك .



الصورة 1.10 واجهة عرض الخوارزمية لأداة SEE ALGORITHMS [12] .

مع هذا لا يزال ضعف التفاعلات ظاهرا بالإضافة إلى محدودية الخوارزميات وعدم تخصيصها لتناسب المناهج التعليمية أو مستوى الطالب وأيضا لا يوجد تقييم ولا دعم للغة العربية.

بعد دراسة هذه المنصات وتحليلها يمكن اختصار مجموع النتائج التي توصلنا إليها في جدول المقارنة رقم 2 يساعد في فهم شمولية هذه المنصات وأهم الفجوات البحثية التي لم تعالج

المنصة	نوعها	مستوى التفاعل	دعم اللغة العربية	مخصصة حسب منهج	المحتوى
SEE ALGORITHMS	أداة عرض	ضعيف	لا	لا	محدود
ALGOVis	أداة عرض	ضعيف	لا	لا	محدود
Visualize DSA .	أداة تعليمية	متوسط	لا	لا	محدود
VisuAlgo	أداة تعليمية	متوسط	لا	لا	جيد

جدول 2-1 تحليل ومقارنة بين المنصات المدروسة

6.1 خاتمة الفصل:

من خلال ما سبق يمكننا استنتاج أن مجال التصور البصري وبالضبط تصور الخوارزميات يعتبر من التقنيات الحديثة الفعالة التي تساهم في تحسين جودة التعلم بتحويل المفاهيم المعقدة والمجردة إلى مفاهيم مرئية وتطوره من أنظمة بسيطة إلى منصات تعليمية تفاعلية يظهر الأهمية المتزايدة في مواكبة طرق التعليم الحديثة ، وهذا يبرر الحاجة إلى تطوير وتصميم منصة تعليمية تفاعلية أكثر تكيفا مع احتياجات الطلبة (اللغة الأم) خاصة في البيئات التعليمية المحلية .

2. الفصل الثاني : أشهر الخوارزميات في منصات التصور.

1.2 مقدمة :

تعد الخوارزميات اللبنة الأساسية التي يقوم عليا علم البرمجة وعلوم الحاسوب ، حيث تمثل مجموعة من الخطوات المتتابعة التي يتم تنفيذها من أجل حل مشكلة معقدة أو تنفيذ مهمة ما . لكن لا يخفي خاف صعوبة هذه فهم الخوارزميات وكيف يتم تنفيذها وعملها خاصة مع الاعتماد على الطرق التقليدية النظرية البحتة في رحلة التعلم مما يجعلها أكثر صعوبة ، لكن مع تطور التعليم الرقمي ظهرت أدوات ومنصات تعليمية تفاعلية تختص بتصور الخوارزميات وهياكل البيانات ، تهدف إلى تسهيل فهم الخوارزميات وتوضيح كيفية تنفيذها وتحويلها من مفاهيم مجردة إلى مفاهيم سهلة وواضحة وهذا طبعا من خلال التصور البصري والتفاعل الحقيقي المباشر ، وهذا عزز جودة التعليم بتحسين استيعاب الطلبة وفهمهم للخوارزميات أكثر في وقت أقل مقارنة بالسابق .

بهدف هذا الفصل إلى استنتاج الخوارزميات الأكثر انتشارا بين منصات التصور وتقديم شرح بسيط لكل خوارزمية

.

2.2 تحليل المنصات التعليمية :

بعد ظهور الحاجة إلى تطوير طريقة تعلم الخوارزميات وهياكل البيانات للحد من الصعوبات التي يواجهها الطالب عن الاعتماد على الشرح النظري فقط ، ظهرت بالفعل مجموعة من الأدوات والمنصات التي تعليمية تفاعلية تدعم الطريقة التطبيقية مثل المنصات التي تمت دراستها في الفصل الأول ، والمتمثلة في :

- منصة VisuAlgo؛
- منصة Visualize DSA؛
- منصة ALGOVis ؛
- منصة SEE ALGORITHMS.

من خلال تحليل هذه المنصات ، يمكن ملاحظة أن أكثر الخوارزميات استخداما تتركز في :

- خوارزميات الترتيب (Sorting Algorithms)؛
- خوارزميات البحث (Searching Algorithms)؛
- خوارزميات الرسوم البيانية (Graph Algorithms)؛
- خوارزميات الأشجار (Tree Algorithms).

يعود سبب انتشار مثل هذه الخوارزميات بين هذا النوع من المنصات لأنها تعتبر الأساس في دراسة علوم الحاسوب بالإضافة إلى قابليتها العالية للتمثيل البصري نظرا لبساطتها نسبيا مقارنة مع الخوارزميات الأكثر تعقيدا .

3.2 تصنيف الخوارزميات الشهيرة حسب الفئة:

1.3.2 خوارزميات الترتيب (Sorting Algorithms) :

1.1.3.2 الترتيب الفقاعي (Bubble Sort):

تعتمد هذه الخوارزمية على مقارنة العناصر المتجاورة وتبديل موقعيهما في حال كان ترتيبهما غير صحيح حيث يتم وضع العنصر الأكبر في مكانه في كل مرة ، ويتم تكرار هذه العملية حتى يتم ترتيب جميع العناصر [13].

```
Algorithm BubbleSort(A, n)

For i ← 0 to n - 1 do

For j ← 0 to n - i - 2 do

If A[j] > A[j+1] then
Swap(A[j], A[j+1])
End If
```

التمثيل الخوارزمي 1 خوارزمية الترتيب الفقاعي

2.1.3.2 الترتيب بالاختيار (Selection Sort):

هذه الخوارزمية تعتبر النقيض للخوارزمية السابقة حيث يتم العثور على أصغر عنصر من القائمة غير المرتبة ووضعه في موقعه المناسب في كل مرة ، ويتم تكرار هذه العملية حتى يتم ترتيب جميع العناصر [13].

```
Algorithm SelectionSort(A, n)

For i ← 0 to n - 2 do
minIndex ← i

For j ← i + 1 to n - 1 do
If A[j] < A[minIndex] then
minIndex ← j
End If

End For

Swap(A[i], A[minIndex])
End For
```

التمثيل الخوارزمي 2 خوارزمية الترتيب بالاختيار

3.1.3.2 الترتيب بالإدراج (Insertion Sort):

بالاعتماد على هذه الخوارزمية يتم ترتيب القائمة تدريجيا ، حيث يتم أخذ عنصر واحد في كل مرة ووضعه في موقعه الصحيح داخل الجزء المرتب[13] .

```
Algorithm InsertionSort(A, n)

For i ← 1 to n - 1 do
key ← A[i]
j ← i - 1
While j ≥ 0 AND A[j] > key do
A[j+1] ← A[j]
j ← j - 1
End While
A[j+1] ← key
End For
```

التمثيل الخوارزمي 3 خوارزمية الترتيب بالإدراج

2.3.1.4 الترتيب بالدمج (Merge Sort):

تعتمد خوارزمية الدمج على تقسيم القائمة في كل مرة حتى يتم الوصول الى جعل كل قسم يتكون من عنصر واحد ، ثم يتم دمجها بالترتيب للحصول في النهاية على قائمة جميع عناصرها مرتبة ، تعتبر فعالة مع البيانات كبيرة الحجم[13] .

```
Algorithm MergeSort(A)

If length(A) ≤ 1 then
Return A
End If
mid ← length(A) / 2
left ← MergeSort(left half of A)
right ← MergeSort(right half of A)


Return Merge(left, right)
```

```
Algorithm Merge(left, right)

result ← empty list
While left and right are not empty do
If first(left) ≤ first(right) then
Move first(left) to result
Else
Move first(right) to result
End If
End While
Append remaining elements
Return result
```

التمثيل الخوارزمي 4 خوارزمية الترتيب بالدمج

2.3.1.5 الترتيب السريع (Quick Sort):

تعتبر من أكثر الخوارزميات استعمالا في الترتيب ، حيث تعتمد على اختيار عنصر من القائمة وبناء عليه يتم تقسيم العناصر إلى قسمين ،ثم ترتيب العناصر حيث الأصغر على اليسار والأكبر على اليمين ويتم تكرار نفس العملية في كل مرة حتى يتم ترتيب القائمة بالكامل [13].

```
Algorithm QuickSort(A, low, high)

If low < high then

pivot ← Partition(A, low, high)

QuickSort(A, low, pivot - 1)


QuickSort(A, pivot + 1, high)
End If
```

```
Algorithm Partition(A, low, high)
pivot ← A[high]
i ← low - 1
For j ← low to high - 1 do
If A[j] ≤ pivot then
i ← i + 1
Swap(A[i], A[j])
End If
End For
Swap(A[i+1], A[high])
Return i + 1
End If
```

التمثيل الخوارزمي 5 خوارزمية الترتيب السريع

2.3.2 خوارزميات البحث (Searching Algorithms):

1.2.3.2 البحث الخطي (Linear Search):

يعتبر البحث الخطي أبسط خوارزمية للبحث ، حيث يتم فحص عناصر المصفوفة عنصرا عنصرا بالترتيب من العنصر الأول حتى العثور على العنصر المطلوب ، أو في حال عدم وجود العنصر يتم الوصول إلى نهاية المصفوفة ، لا تحتاج هـ<هـ الخوارزمية أن تكون العناصر مرتبة مسبقا ، لكن كفاءتها تتناقص مع ازدياد حجم البيانات [13].

```
Algorithm LinearSearch(A, n, target)

For i ← 0 to n - 1 do
If A[i] = target then
Return i
End If
End For

Return NOT_FOUND
```

التمثيل الخوارزمي 6 خوارزمية البحث الخطي

2.2.3.2 البحث الثنائي (Binary Search):

تعتبر هذه الخوارزمية فعالة عندما تكون العناصر بالفعل مرتبة ، حيث تقوم أولا بتحديد العنصر الموجود في المنتصف ، ثم تقارنه مع العنصر المطلوب في حال كان أكبر يتم استبعاد نصف العناصر الأصغر ويقوم بنفس العملية مع النصف الآخر ، ويتم التكرار حتى العثور على العنصر المطلوب [13].

```
Algorithm BinarySearch(A, target)
left ← 0
right ← length(A) - 1
While left ≤ right do
mid ← (left + right) / 2
If A[mid] = target then
Return mid
Else If A[mid] < target then
left ← mid + 1
Else
right ← mid - 1
End If
End While
Return NOT_FOUND
```

التمثيل الخوارزمي 7 خوارزمية البحث الثنائي

2.3.3 خوارزميات الرسوم البيانية (Graph Algorithms):

2.3.3.1 خوارزمية بريم (Prim Algorithm):

تقوم هذه الخوارزمية بإيجاد الشجرة الممتدة الصغرى (Minimum Spaning Tree). تبدأ من عقدة معينة وفي كل مرة تضيف عقدة بحيث تكون الحافة التي تربط بينهما أقل تكلفة [13].

```
Algorithm Prim(Graph)

Choose any start vertex
Add start vertex to MST

While MST does not contain all vertices do

Select minimum-weight edge
connecting MST to a new vertex
Add edge to MST
End While
```

التمثيل الخوارزمي 8 خوارزمية بريم

2.3.3.2 خوارزمية ديكسترا (Dijkstra Algorithm):

تقوم هذه الخوارزمية بإيجاد أقصر مسار ممكن يجمع بين جميع العقد باختيار العقدة الأقل تكلفة في كل مرة وتحديث المسافات للعقد المجاورة [13].

```
Algorithm Dijkstra(Graph, source)
For each vertex v do
distance[v] ← ∞
End For
distance[source] ← 0
Create priority queue PQ
Insert source into PQ
While PQ is not empty do
u ← ExtractMin(PQ)
For each neighbor v of u do
alt ← distance[u] + weight(u,v)
If alt < distance[v] then
distance[v] ← alt
Update PQ
End If
End For
```

التمثيل الخوارزمي 9 خوارزمية ديكسترا

3.3.3.2 خوارزمية كروسكال (Kruskal Algorithm):

قوم هـ>هـ الخوارزمية أيضا بإيجاد الشجرة الممتدة الصغرى ،يتم هذا بتحديد الحواف الأقل وزنا بداية ثم اختيار الحواف التي تربط بين العقد في كل مرة دون التسبب في دائرة (Cycle)[13] .

```
Algorithm Kruskal(Graph)

Sort all edges by increasing weight
For each edge (u,v) do
If u and v belong to different sets then
Add edge to MST
Union(u,v)
End If
End For
Return MST
```

التمثيل الخوارزمي 10 خوارزمية كروسكال

4.3.2 خوارزميات الأشجار (Tree Algorithms):

1.4.3.2 البحث بالعمق أولا ((Depth-First Search(DFS):

تقوم خوارزمية البحث بالعمق أولا باستكشاف المسار الحالي من خلال زيارة العقدة المجاورة في المستوى التالي وهلك>ا حتى يتم الوصول الى العمق ثم العودة إلى الخلف واستكشاف مسارات أخرى في كل مرة ، يمكن تنفيذها باستخدام المكدس (Stack) أو الاستدعاء الذاتي (Recursion)[13] .

```
Algorithm DFS(node)

Mark node as visited

Visit(node)

For each neighbor of node do


If neighbor is not visited then
DFS(neighbor)
End If
End For
```

التمثيل الخوارزمي 11 خوارزمية البحث بالعمق أولا

2.4.3.2 البحث بالعرض أولا (Breadth-First Search(BFS)):

تقوم خوارزمية البحث بالعرض أولا باستكشاف جميع العقد المجاورة أولا والتي تكون في نفس المستوى قبل الانتقال إلى المستوى التالي ، وتستخدم لإيجاد أقصر مسار ممكن [13].

```
Algorithm BFS(start)

Create empty queue Q
Mark start as visited
Enqueue(Q, start)

While Q is not empty do
current ← Dequeue(Q)
Visit(current)
For each neighbor of current do
If neighbor is not visited then
Mark neighbor as visited
Enqueue(Q, neighbor)
End if
End For
End While
```

التمثيل الخوارزمي 12 خوارزمية البحث بالعرض أولا

2.4.3.3 شجرة البحث الثنائية (Binary Search Tree):

تعتبر هذه الشجرة نوعا خاصا من الأشجار الثنائية حيث بالنسبة لقيمة كل عقدة تكون العقد المتفرعة في الجزء الأيسر قيمها أصغر من القيمة الحالية ، ونفس الشيء في الجزء الأيمن تكون القيم أكبر من القيمة الحالية [13] .

```
Algorithm InsertBST(root, value)
If root = NULL then
Create new node(value)
Return node
End If
If value < root.value then
root.left ← InsertBST(root.left, value)
Else
root.right ← InsertBST(root.right, value)
End If
Return root
```

التمثيل الخوارزمي 13 خوارزمية شجرة البحث الثنائية

الخوارزميات\المنصات	VisuAlgo	ALGOVis	Visualize DSA	SEE ALGORITHM
خوارزمية البحث الخطي(L Search)	نعم			نعم
خوارزمية البحث الثنائي(B Search)	نعم			نعم
خوارزمية الترتيب الفقاعي (Bubble)	نعم	نعم	نعم	نعم
خوارزمية الترتيب بالاختيار(Selection)	نعم	نعم	نعم	نعم
خوارزمية الترتيب بالإدراج (Insertion)	نعم	نعم	نعم	نعم
خوارزمية الترتيب بالدمج(Merge)	نعم	نعم	نعم	نعم
خوارزمية الترتيب السريع (Quick)	نعم	نعم	نعم	نعم
خوارزمية البحث بالعمق أولا(DFS)	نعم	نعم	نعم	نعم
خوارزمية البحث بالعرض أولا(BFS)	نعم	نعم	نعم	نعم
خوارزمية بريم (Prim)	نعم		نعم	نعم
خوارزمية كروسكال(Kruskal)	نعم		نعم	نعم
خوارزمية ديكسترا(Dijkstra)	نعم		نعم	نعم
خوارزمية شجرة البحث الثنائية(BST)	نعم		نعم	نعم

جدول 1-2 تواجد الخوارزميات الشهيرة في المنصات الأربعة.

4.2 خاتمة الفصل :

في الختام ، تعد الخوارزميات اللبنة الأساسية في علوم الحاسوب والبرمجة ، ولا يمكن إنكار مساهمة منصات وأدوات التصور التفاعلي في تبسيط المفاهيم المعقدة المتعلقة بها .

3. الفصل الثالث : تحليل وتصميم النظام.

1.3 مقدمة

تعد هذه المرحلة مرحلة تصميم النظام وتحليله أساسية جدا في تطوير الانظمة البرمجية ، حيث تساهم في بناء تصور رؤية واضحة لبنية النظام ووظائفه بتحديد اهم المتطلبات وتنظيم مكوناته وطريقة التفاعل بين مختلف أجزائه قبل البدء في عملية البرمجة والتطوير ، هذا يساعد في تقليل نسبة الأخطاء المحتملة وتحسين جودة النظام وتسهيل عملية الصيانة والتطوير والتوسعة مستقبلا

تعتمد عادة عملية تصميم النظام وتحليله على مجموعة من المخططات والنماذج التي تسمح بتمثيل وظائف النظام وعمل مكوناته بصورة توضيحية منظمة.

تم الاعتماد في هذا المشروع على عدة مخططات من أجل دراسة كيفية عمل هذه المنصة التعليمية التفاعلية لتصور الخوارزميات وهياكل البيانات ، وتوضيح طريقة تفاعل المستخدم مع المنصة ، بالإضافة إلى تمثيل بنيتها وتوضيح العلاقات بين مختلف مكوناتها.

في هذا الفصل يتم تقديم تحليل شامل للنظام ، أولا بتحديد المتطلبات الوظيفية وغير الوظيفية ، ثم عرض أهم المخططات التي تم اعتمادها في تصميم هذه المنصة بهدف بناء تصور واضح يساعد في فهمها وتطويرها مستقبلا بطريقة سهلة فعالة ومنظمة .

2.3 تحليل متطلبات النظام:

يعتبر تحليل متطلبات النظام(وظيفية /غير الوظيفية) خطوة أساسية في تصميم المنصة ، حيث يتم تحديد الخدمات التي يجب أن يوفرها النظام للمستخدم ، وتحديد الخصائص التقنية التي تضمن حسن عمل وأداء النظام ، بهدف تطوير منصة تعليمية تفاعلية تساعد المستخدمين في فهم الخوارزميات وهياكل البيانات بطريقة بصرية تفاعلية تم تحليل الاحتياجات والمتطلبات الوظيفية وغير الوظيفية .

1.2.3 لمتطلبات الوظيفية(Functional Requirements) :

تتمثل هذه المتطلبات في أهم الخدمات الأساسية التي يجب أن تتوفر للمستخدم من طرف النظام ، وهي كما يلي :

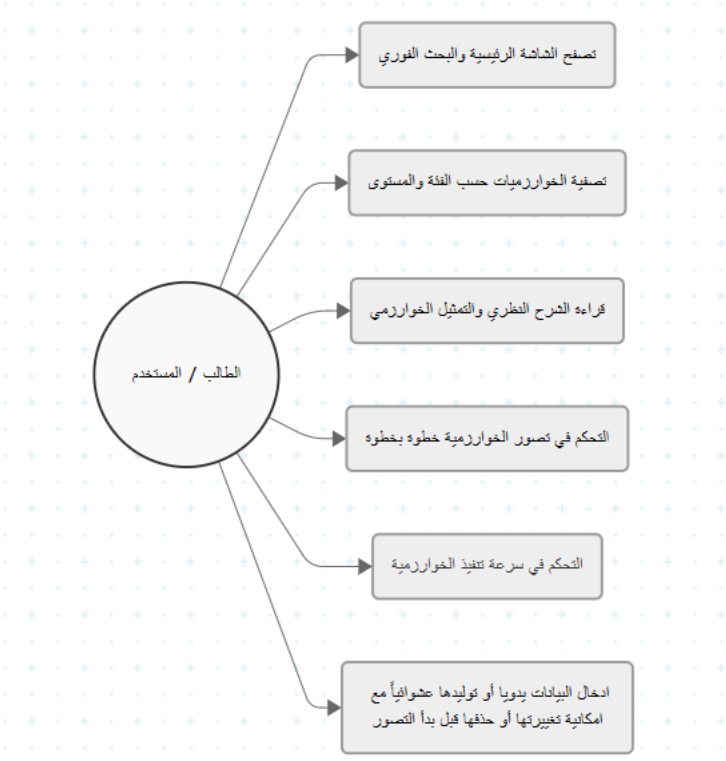
- توفير واجهة استخدام سهلة وبسيطة؛
- سهولة التنقل بين الصفحات المختلفة داخل المنصة؛
- عرض الخوارزميات وهياكل البيانات التي توفرها المنصة؛
- السماح للمستخدم باختيار الخوارزمية التي يرغب في رؤية تصورها؛
- السماح له بإدخال البيانات الخاصة بالخوارزمية ؛
- السماح له بالتحكم في تشغيل وإيقاف التصور؛
- تمكينه من إعادة تشغيل التصور من البداية ؛
- السماح له بالتحكم في تنفيذ الخوارزمية من خلال التقدم خطوة بخطوة مع إمكانية الرجوع ايضا خطوة بخطوة؛
- السماح له بالتحكم في سرعة تنفيذ الخوارزمية ؛
- السماح للمستخدم باختيار مدى تعقيد الخوارزمية (خوارزميات الرسوم البيانية)؛
- عرض التغيرات والنتائج بطريقة بصرية تفاعلية.

2.2.3 المتطلبات غير الوظيفية(Non Functional Requirements)

تمثل المتطلبات غير الوظيفية الخصائص التقنية التي تساهم في تحسين عمل النظام وجودته ، أهمها:

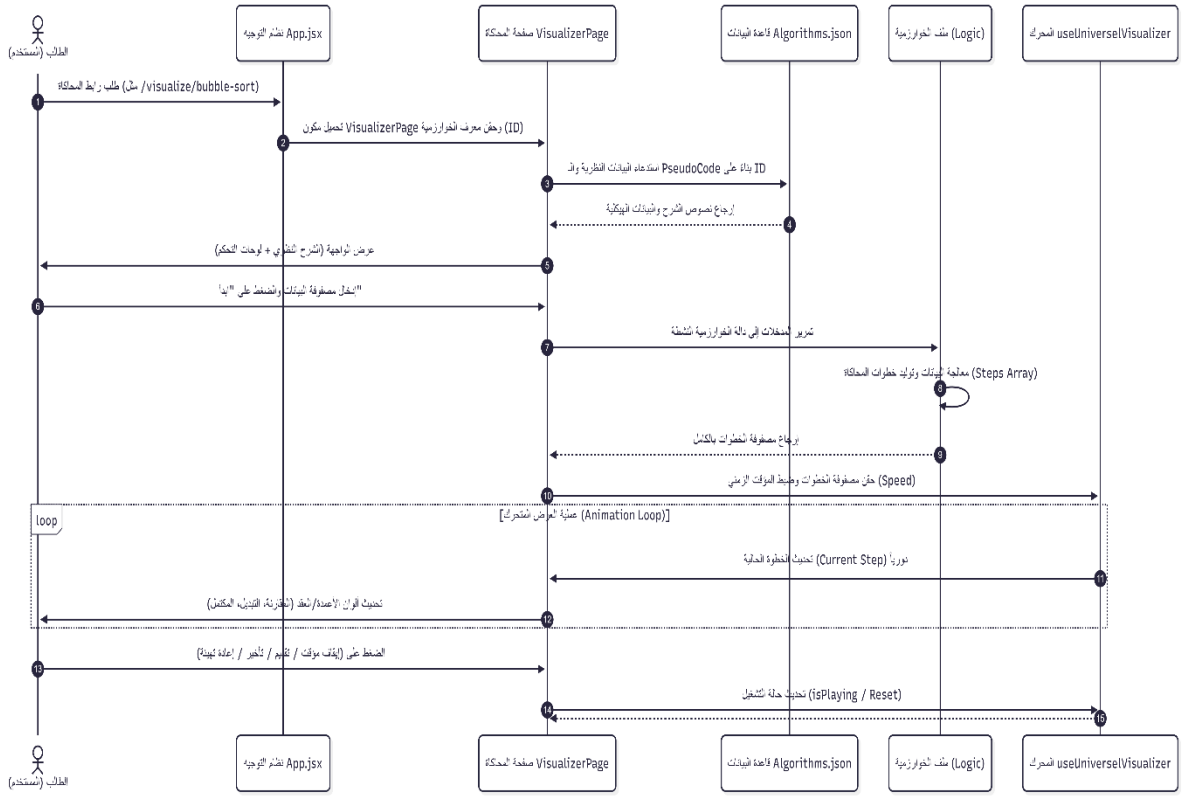
- سهولة استخدام واجهة المستخدم؛
- امكانية التوسعة والتطوير بإضافة خوارزميات وتصورات جديدة مستقبلًا؛
- تنظيم بنية المنصة بطريقة تسهل عملية الصيانة؛
- توفير تجربة استخدام تفاعلية .

3.3 مخططات توضيحية :



رسم توضيحي 1 يوضح العمليات والوظائف المتاحة للمستخدم عند تفاعله مع المنصة

المخطط التوضيحي 1 يوضح الوظائف الأساسية التي توفرها المنصة للمستخدم ابتداء من عملية التصفح والبحث الفوري التي تمكن المستخدم من استكشاف المنصة فور دخولها مع القدرة على الوصول إلى تصور أي خوارزمية متوفرة فقط بالبحث عن اسمها ، أيضا تصنيف الخوارزميات وتصفيتهم حسب المستوى ، بإمكانه فور فتح صفحة التصور قراءة الشرح النظري للخوارزمية والتمثيل الخوارزمي ثم إدخال بيانات الخوارزمية إذا كانت تستدعي بيانات مع إمكانية تغييرها أو حذفها قبل بدأ التصور نهاية التفاعل المباشر مع التصور البصري للخوارزمية بالتحكم فيه خطوة بخطوة أو إيقافه ثم استئنافه وأيضا التحكم في سرعة التنفيذ.

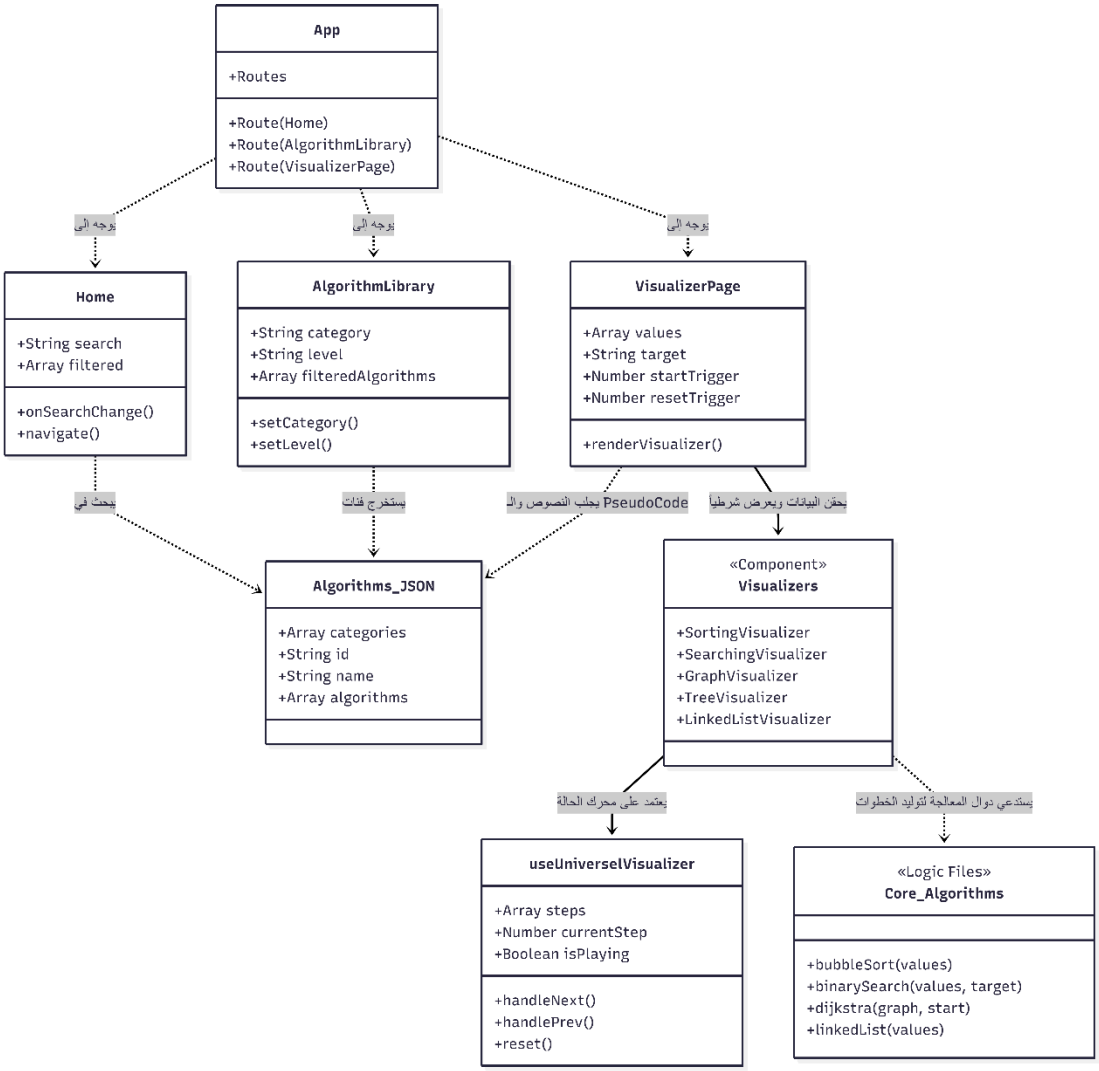


رسم توضيحي 2 يوضح التفاعل بين مكونات المنصة عند القيام بطلب تصور خوارزمية الترتيب الفقاعي

يوضح المخطط التوضيحي 2 كيفية استلام وتمرير المعاملات بين المكونات المختلفة للمنصة عند طلب تصور خوارزمية الترتيب الفقاعي (نفس الشيء بالنسبة لبقية الخوارزميات) ، حيث بداية يقوم المستخدم باختيار خوارزمية ترتيب الفقاعات ، عند النقر على الزر يتم إرسال بطلب رابط تصور الخوارزمية إلى نظام التوجيه بناء على معرف الخوارزمية

يتم عرض صفحة التصور التي تحتوي لوحات التحكم الفارغة ، الشرح النظري للخوارزمية والتمثيل الخوارزمي (تم جلب هذه البيانات من قاعدة البيانات بعد إرسال استعلام من طرف صفحة التصور) .

يقوم المستخدم بإدخال حجم المصفوفة بعدها إدخال عناصرها يدويا أو توليدها عشوائيا ثم يضغط على زر ابدأ , تقوم صفحة العرض بتمرير المدخلات إلى منطق الخوارزمية ، تقوم هذه الأخيرة بمعالجة البيانات وتوليد مصفوفة تحتوي على الخطوات والحركات ثم إرجاعها إلى صفحة العرض ، يتم عرض التصور بناء على تحديث الخطوة الحالية بشكل متكرر هذا يسمح بعرضها على شاشة العرض تلقائيا (يظهر ذلك بتلوين الأعمدة أثناء عمليات المقارنة ، التبديل ، أو عند الوصول إلى الحالة المكتملة). يستطيع المستخدم الضغط على أزرار التحكم في أي وقت أثناء عرض المحاكاة .

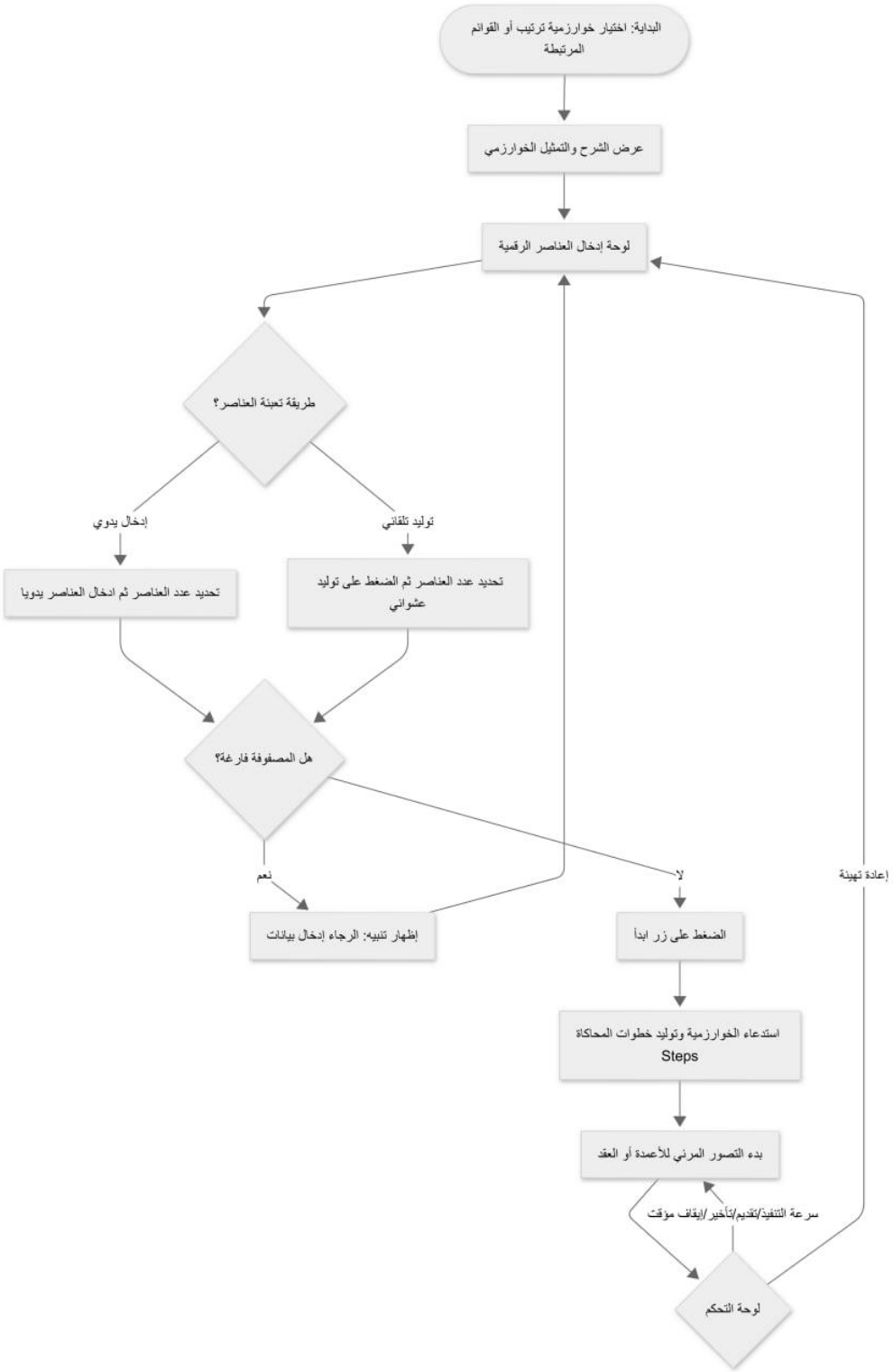


رسم توضيحي 3 ترابط مكونات المنصة مع بعضها ومع قاعدة البيانات والخطاف المخصص بالإضافة إلى توزع الدوال والمتغيرات بينهم

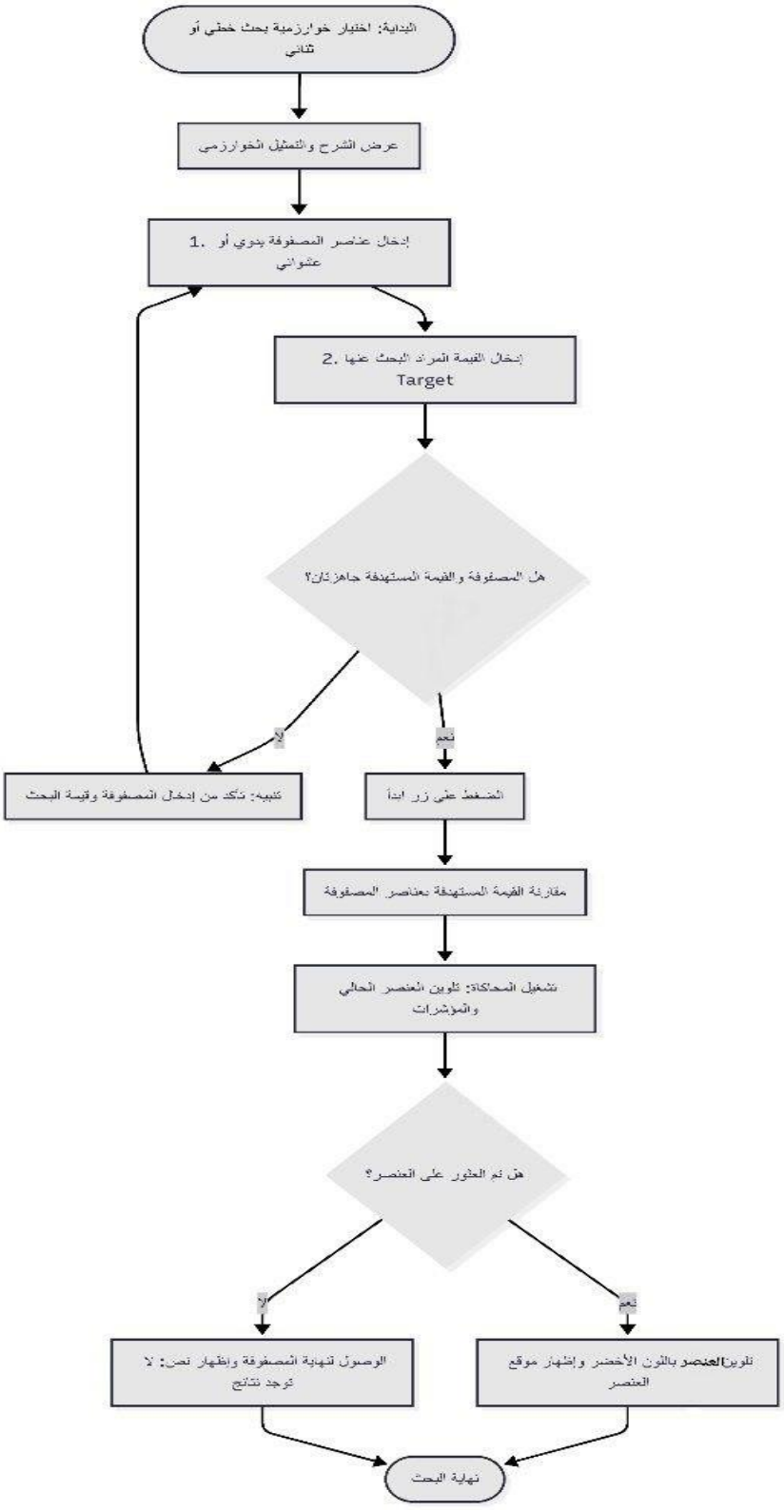
المكون الأساسي App يمثل جذر المنصة يتم توجيهه نحو ثلاث صفحات هي الرئيسية المتمثلة في صفحة Home تحتوي على متغيرات البحث والتصفية ، وصفحة المكتبة (AlgorithmLibrary) مسؤولة عن فرز الخوارزميات حسب الفئة وتصفيتها حسب مستوى الصعوبة ، يتم هذا بواسطة دالتين متخصصتين ، وصفحة التصور (VisualizerPage) تستقبل البيانات وتتولى استدعاء تصور الخوارزمية انطلاقا من دالة (renderVisualizer). ترتبط هذه الصفحات الثلاثة مع قاعدة بيانات المنصة حيث تبحث منها وتستخرج الفئات والمستويات منها وتجلب الشروحات النظرية والتمثيل الخوارزمي منها أيضا .

ترتبط صفحة العرض (VisualizerPage) بتصورات الخوارزميات وهده الأخيرة تعتمد على منطق الخوارزمية وعلى الخطاف المخصص لإدارة مصفوفة الخطوات المستلمة ومراقبة حالة التشغيل انطلاقا من دوال عناصر التحكم .

المخطط التوضيحي 4 يوضح نشاط تصور خوارزميات فئة الترتيب والقوائم المرتبطة(Sorting & Linked List) ، تبدأ العملية باختيار المستخدم إحدى خوارزميات فئة الترتيب أو خوارزمية القوائم المرتبطة من هياكل البيانات بعد الاختيار تظهر صفحة التصور تبرز الشرح النظري للخوارزمية والتمثيل البرمجي لها كتمهيد معرفي قبل التصور ، ثم يتم الانتقال إلى لوحة الإدخال حيث يواجه المستخدم خيارين إما توليد عشوائي للبيانات أو إدخالها يدويا بعد إدخال حجم المصفوفة ،ثم يتم التحقق من وجود البيانات ، في حالة عدم وجود البيانات يتم إرسال تنبيه يحتوي " الرجاء إدخال البيانات " ويعيده إلى لوحة الإدخال ، أما في حالة الوجود يتم تجميد لوحة الإدخال واستدعاء الخوارزمية وتوليد الخطوات ثم بدأ التصور والتحكم فيه بعناصر التحكم , في حال تم الضغط على زر إعادة يتم إعادة كل شيء إلى حالته الابتدائية وعرض لوحة الإدخال مجددا .



رسم توضيحي 4 يوضح نشاط تصور خوارزميات الترتيب وخوارزمية القوائم المرتبطة

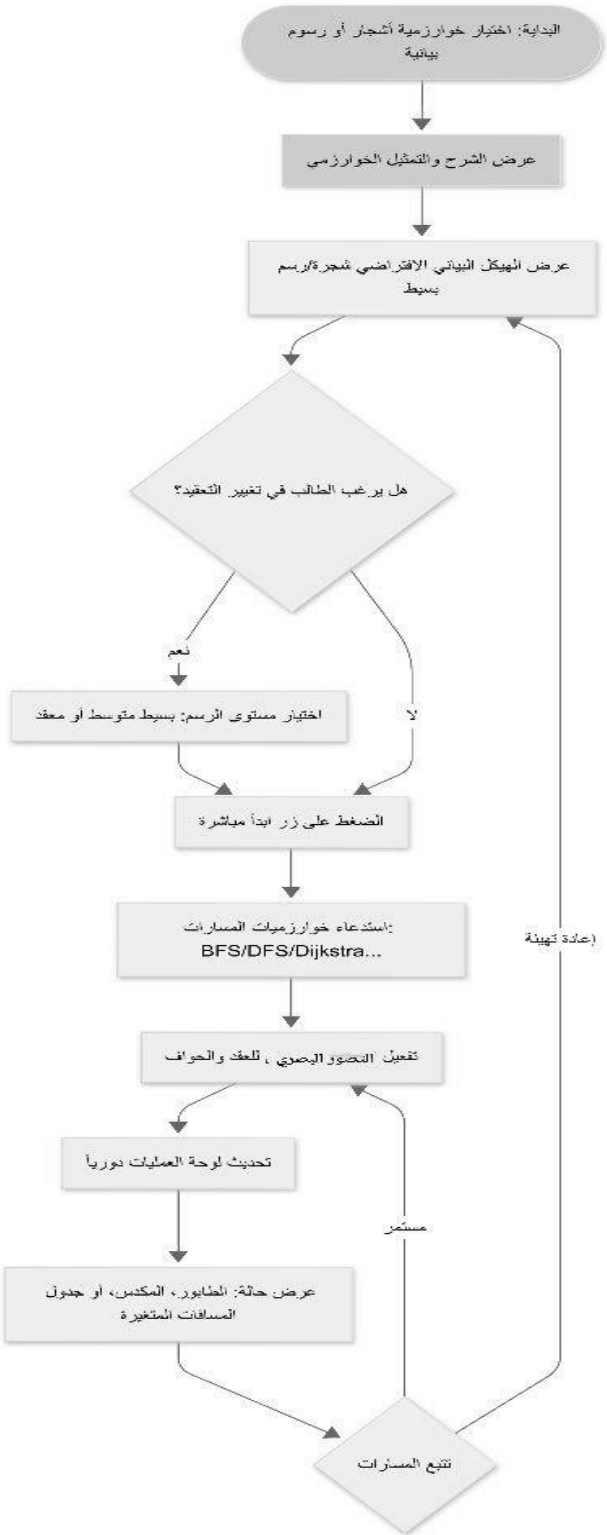


رسم توضيحي 5 يوضح نشاط تصور خوارزميات البحث

المخطط التوضيحي 5 يوضح نشاط تصور خوارزميات البحث (Searching) ، تبدأ العملية باختيار المستخدم إحدى خوارزميات فئة البحث ، بعد الاختيار تظهر صفحة التصور تبرز الشرح النظري للخوارزمية والتمثيل البرمجي لها كتمهيد معرفي قبل التصور ، ثم يتم الانتقال إلى لوحة الإدخال حيث يواجه المستخدم خيارين إما توليد عشوائي للبيانات أو إدخالها يدويا بعد إدخال حجم المصفوفة وإدخال القيمة المراد البحث عنها ،ثم يتم التحقق من وجود البيانات والقيمة ، في حالة عدم وجود البيانات أو القيمة يتم ارسال تنبيه ينص على التأكد من ادخالهما ، ويعيده إلى لوحة الإدخال ، أما في حالة الوجود يتم تجميد لوحة الإدخال واستدعاء الخوارزمية وتشغيل المحاكاة والتحكم فيه بعناصر التحكم ، إذا تم العثور على القيمة يتم تلوينها باللون الأخضر و يظهر نص فيه موقع القيمة أما في حالة عدم العثور يتم الوصول إلى نهاية المصفوفة وإظهار نص يوضح أن القيمة غير موجودة .

المخطط التوضيحي 6 يوضح نشاط تصور خوارزميات فئة الأشجار والرسوم البيانية (Trees & Graphs Algorithms) ، تبدأ العملية باختيار المستخدم إحدى خوارزميات فئة الأشجار أو الرسوم البيانية ، بعد الاختيار تظهر صفحة التصور تبرز الشرح النظري للخوارزمية والتمثيل البرمجي لها كتمهيد معرفي قبل التصور ، ثم بعد الضغط على زر ابدأ يتم عرض الهيكل البياني الافتراضي للخوارزمية ، في حالة أراد الطالب تغيير مستوى تعقيد الرسم يقوم باختيار المستوى الذي يناسبه من الأعلى ثم بدأ التصور يتم عرض محاكاة سير عمل الخوارزمية وعرض حالة الطابور أو المكدس والمسافات المتغيرة حسب الخوارزمية. .

في حال تم الضغط على زر إعادة يتم إعادة كل شيء إلى حالته الابتدائية وعرض لوحة الادخال مجددا .



رسم توضيحي6 مخطط نشاط تصور خوارزميات الأشجار والرسوم البيانية

4.3 خاتمة الفصل :

تم التطرق في هذا الفصل إلى دراسة و تحليل المنصة الخاصة بهذا المشروع وتصميمها ، انطلاقا من تحديد أهم المتطلبات الوظيفية وغير الوظيفية ، إضافة إلى عرض مجموعة من المخططات التوضيحية والبنية المعمارية المعتمدة في بنائها.

تم الاعتماد بشكل أساسي على مخططات حالات الاستخدام والنشاط والتسلسل والمكونات في تقديم رؤية واضحة لبنية المنصة وطرق تفاعل المستخدم معها ، وتُعتبر هذه المرحلة مرحلة أساسية في بناء النظام خاصة قبل الانتقال إلى مرحلة التطوير والتنفيذ ، حيث تسمح بتنظيم المشروع وتسهيل عملية صيانته وتوسعته مستقبلاً.

4. الفصل الرابع : مراحل تطوير المنصة والنتائج التي تم التوصل إليها .

1.4 مقدمة:

يلي مرحلة تحليل النظام وتصميمه مرحلة التطوير والتنفيذ التي يتم فيها تحويل النماذج والمخططات النظرية الى نظام قابل للعمل والاستخدام ، حيث تعتبر أهم مرحلة من مراحل إنجاز المشروع يتم فيها بناء مكونات النظام وتطوير وظائفه بالاعتماد على الأدوات والتقنيات التي يتم اختيارها مسبقا.

أما في هذا المشروع ، تم تطوير منصة تعليمية تفاعلية لتصور الخوارزميات وهياكل البيانات بهدف تبسيط المفاهيم المعقدة من خلال التصور البصري والتفاعل الديناميكي أثناء تنفيذ الخوارزمية ، تم الاعتماد في تطوير هذه المنصة على مجموعة من الادوات والتقنيات الحديثة التي ساهمت في تحسين تجربة المستخدم.

يهدف هذا الفصل إلى عرض مراحل تطوير وتنفيذ هذه المنصة التعليمية بداية من بيئة التطوير والتقنيات المستعملة وصولا إلى النتائج التي تم التوصل إليها.

2.4 الأدوات والتقنيات المستخدمة :

إن عملية إنجاز المشاريع الكبيرة المتمثلة في بناء التطبيقات الديناميكية الحديثة تتطلب مجموعة من التقنيات البرمجية الحديثة التي تساهم في تسهيل عملية التطوير وتنظيم بنية المشروع بالإضافة إلى تحسين الأداء وتجربة المستخدم.

و بهدف تطوير هذا المشروع أي المنصة التعليمية التفاعلية تم اعتماد مجموعة من التقنيات والأدوات الحديثة المتمثلة في :

1.2.4 لغات البرمجة وهيكلة البيانات :

1.1.2.4 لغة JavaScript :

استخدمت هذه اللغة في كتابة منطق كافة الخوارزميات المتاحة في المنصة (ترتيب ، بحث ، الرسوم البيانية ،...) وتوليد مصفوفة الخطوات الحركية بالإضافة إلى إدارة العمليات .

Bubble_sort.js

src > Algorithms > SORTING > Bubble_sort.js > bubbleSort

```
export default function bubbleSort(a) {
  let arrsteps = []; // لتخزين الخطوات
  let arr = [...a]; // نسخة من المصفوفة الأصلية
  let n = arr.length;  // طول المصفوفة
  for (let i = 0; i < n; i++) {
    for (let j = 0; j < n - i - 1; j++) {
      let swapped = [];
      arrsteps.push({
        array: [...arr], //  نسخة من المصفوفة الاصلية
        comparing: [j, j + 1], // و.. بين ..المقارنة
        swapping: [],
        done: [],
        log: `مقارنة بين ${arr[j]} و ${arr[j + 1]}`
      });
      if (arr[j] > arr[j + 1]) {
        [arr[j], arr[j + 1]] = [arr[j + 1], arr[j]];
        swapped = [j, j + 1];
      arrsteps.push({
        array: [...arr],
        comparing: [j, j + 1],
        swapping: swapped,
        done: [],
        log: `تبديل بين ${arr[j]} و ${arr[j + 1]}`,
       swapMove: true
      });}
    }
    arrsteps.push({
      array: [...arr],
      comparing: [],
      swapping: [],
      done: Array.from({ length: i + 1 }, (_, k) => n - 1 - k),
      log: "الفرز مكتمل"
    });
  }
  return arrsteps;
}
```

الصورة 4.1 المنطق الرياضي لخوارزمية الترتيب الفقاعي(Bubble Sort)

تمثل الصورة 1النص البرمجي لمنطق خوارزمية الترتيب الفقاعي ، حيث يتوافق تماما مع نمط المحاكاة المرئية وليس ترتيب اعتيادي ، بداية يتم انشاء مصفوفة فارغة لتسجيل الحركات سميت arrsteps وأخذ نسخة عن مصفوفة المدخلات لمعالجة البيانات دون تعديل المصفوفة الأصلية ، ثم يتم المرور على العناصر وترتيبها بواسطة حلقتين تكراريتين حيث تقوم بالتسجيل في حالة المقارنة لتلوين العنصرين التي يتم مقارنتها معا واضافة نص يوضح العملية التي تتم بين هذين العنصرين ونفس الشيء في حالة التبديل ثم تسجل الدالة العناصر التي وصلت الى موقعها النهائي في الحقل done ، وأخيرا ترجع الدالة مصفوفة الخطوات جاهزة .

4. 2.1.2 JSON (JavaScript Object Notation):

يتم استخدام Json لتخزين وتنظيم البيانات داخل الأنظمة ، بسبب بساطتها وخفتها وسهولة التعامل معها , حيث تم استعمالها في المنصة من أجل :

- تخزين معلومات الخوارزميات المتمثلة في (المعرف ، اسم الخوارزمية ، الشرح النظري والتمثيل الخوارزمي ،...)؛
- تنظيم البيانات لتسهيل قراءتها واستدعائها وعرضها داخل المنصة .

الصورة 4.2 مقطع من Algorithms.json يمثل بيانات خوارزمية الترتيب الفقاعي (Bubble Sort)

تمثل الصورة 2 نموذج من قاعدة بيانات المنصة الخاص بخوارزمية الترتيب الفقاعي (Bubble Sort) حيث يتم تنظيم البيانات كما يلي :

- أولا المعلومات الأساسية المتمثلة في المعرف ID والاسم باللغتين العربية والانجليزية ومستوى صعوبة الخوارزمية؛
- ثانيا المعلومات التي تعزز تعلم وفهم الخوارزمية المتمثلة في الشرح النظري والتمثيل الخوارزمي والتعقيد الزمني؛
- أخيرا المسار التوجيهي لربط هذه المعلومات لاحقا بواجهة التصور .

4. 2.2 إطارات العمل وبيئات التطوير:

4. 2.2.1 مكتبة React .js :

يعد React من أحدث التقنيات التي تم تطويرها ، بهدف انشاء واجهات مستخدم تفاعلية وعالية الكفاءة لتطبيقات الويب .

تعتبر هذه الاخيرة مكتبة java Script مفتوحة المصدر (open source) ، تم تطويرها وتصميمها من طرف شركة metaسنة 2013 لمعالجة الصعوبات المرتبطة ببناء التطبيقات الديناميكية الكبيرة ، التي تحتاج تحديثا مستمرا للواجهات التفاعلية بسرعة .

تعتمد React على بنية المكونات (Components) أي تقسيم واجهة المستخدم إلى مجموعة من المكونات المستقلة ، حيث يمثل كل مكون قسم معين من الواجهة ، أيضا يحتوي على منطق خاص به يمكننا إعادة استخدامه عدة مرات في عدة أجزاء من النظام ، هذا يساهم في التقليل من تكرار الكود ويساعد في صيانة التطبيق في حال وجود أعطال ، بالإضافة إلى سهولة تطوير النظام لأن اعتماد بنية المكونات يساعد في تنظيم بنية التطبيق بطريقة واضحة. كذلك اعتماد React على بنية المكونات فهي تعتمد أيضا على تقنية Virtual DOM ، هذه التقنية تسمح بتحديد الجزء الذي تم تغييره في واجهة المستخدم وتقوم بتحديثه فقط عوض تحديث الصفحة بالكامل، هذا يؤدي الى تقليل الوقت المستغرق في عمليات التحديث ، وبالتالي تسريع عملية العرض وتحسين تجربة المستخدم. بفضل هذه المميزات التي تقدمها React ، بالإضافة إلى مرونتها الكبيرة وقدرتها على بناء تطبيقات ديناميكية تفاعلية كبيرة بكفاءة عالية . أصبحت اليوم من أكثر التقنيات استخداما في مجال تطوير تطبيقات الويب الحديثة[14]

وقد تم الاعتماد على هذه المكتبة في تطوير المنصة التعليمية الخاصة بتصور الخوارزميات وهياكل البيانات بناء على قدرتها على إدارة الواجهات التفاعلية ، خاصة أثناء تنفيذ الخوارزميات التي تتطلب تحديثا لحظيا للعناصر الرسومية .

```
const [currentStep, setCurrentStep] = useState(0);
// الخطوة الحالية
const [isPlaying, setIsPlaying] = useState(false);
// true or false
```

الصورة 4.3 استعمال useState في بناء المنصة

الصورة 3 توضح استعمال خطاف الحالة useState في بيئة React لإدارة متغيرات الحركة (يقوم بتحديد الخطوة الحالية التي وصلت اليها الخوارزمية وعرضها للمستخدم) وتحديث واجهة المستخدم (يقوم بتحديد ما إذا كان التصور البصري قيد التشغيل او الإيقاف).

الصورة 4 توضح استعمال خطاف useEffect في بيئة React حيث يقوم بالتحكم في سرعة المحاكاة بناء على السرعة المحددة فور تشغيل التصور . كما يتم إيقافها تلقائيا عند انتهاء الخطوات .

```
useEffect(() => {
  if (!isPlaying) return;

  if (steps.length === 0) return;

  if (currentStep >= steps.length - 1) {
    setIsPlaying(false);
    return;

  }

  const timer = setTimeout(() => {
    setCurrentStep((prev) => prev + 1);
  }, speed);

  return () => clearTimeout(timer);

}, [isPlaying, currentStep, steps, speed]);
```

الصورة 4.4 توضح استعمال useEffectفي بناء المنصة

2.2.2.4 أداة Vite:

تم استخدامها كأداة لتشغيل وبناء المشروع , تتميز بسرعتها الفائقة مقارنة بالأدوات التقليدية الأخرى ، وقد ساهمت في :

- تسريع عملية بناء المشروع وتشغيله ؛
- تحسين سرعة التحديثات أثناء بناء المنصة .

3.2.4 **التصميم والجماليات البصرية ؛**

1.3.2.4 CSS (Cascading Style Sheets) :

تم استخدام CSS من أجل تصميم واجهات المستخدم وتنظيم عناصرها وتوزيعها بشكل جيد, بالإضافة إلى تنسيق الألوان بنا بتناسب مع نوع المنصة واختيار نوع الخط الواضح مما يعني تحسين المظهر البصري بشكل عام وبالتالي جعل المنصة أكثر وضوحا وأسهل للاستخدام .

2 .3 .2 .4 SVG (Scalable Vector Graphics) :

تم استخدام SVG لأنها تسهل عملية رسم الاشكال والخطوط كما تحافظ على الدقة البصرية والجودة العالية للرسم مهما تغير الحجم , استعملت في رسم بعض العناصر البصرية الخاصة بتصور الأشجار والرسوم البيانية المتمثلة في العقد والروابط بينها ، والصورة 5 توضح ذلك .

```
<svg
  width="100%" height="400"  viewBox={
    selectedTree === "hard"
    ? "0 0 700 400"
    : selectedTree === "medium"
    ? "0 0 500 400"
    : "0 0 400 350"} preserveAspectRatio="xMidYMid meet" className="tree-svg">
  {renderEdges()}
  {Object.keys(demoGraph).map(node => {
    const isVisited = step.visited?.includes(node);
    const isCurrent = step.current === node;
    const pos = positions[node];
    return (
      <g key={node}>
        <circle cx={pos.x} cy={pos.y} r="20" className={
            isCurrent
              ? "tree-node current"
              : isVisited
              ? "tree-node visited"
              : "tree-node"} />
        <text x={pos.x} y={pos.y + 5} textAnchor="middle" className="tree-text">
          {node}
        </text>
      </g>
    );
  })}

</svg>
```

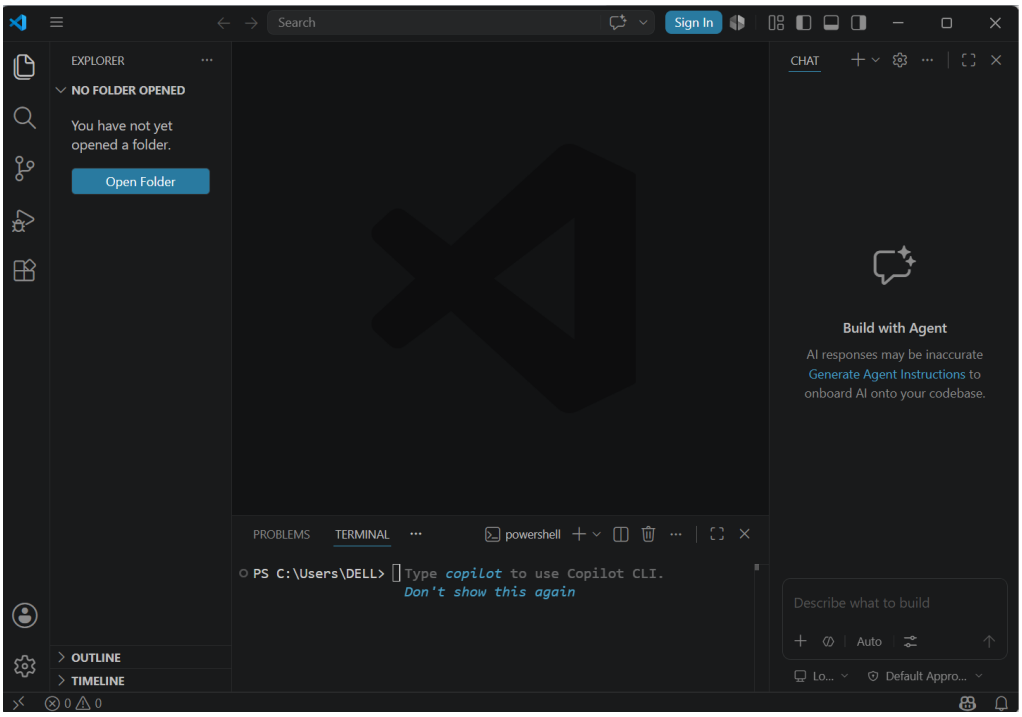
الصورة 4.5 ستخدام SVG في رسم العناصر البصرية الخاصة بتصور خوارزميات الأشجار

4.2.4 بيئة العمل المساعدة :

1 .4 .2 .4 أداة Visual Studio Code :

البيئة التطويرية التي تم اعتمادها لكتابة وتعديل النصوص البرمجية في هذا المشروع متمثلة في أداة vs code حيث تتميز هذه الأداة ب:

- دعم مختلف التقنيات واللغات البرمجية ؛
- سهولة الاستخدام ؛
- سهولة تنظيم ملفات ومجلدات المشاريع ؛
- دعم أحدث الإضافات البرمجية.



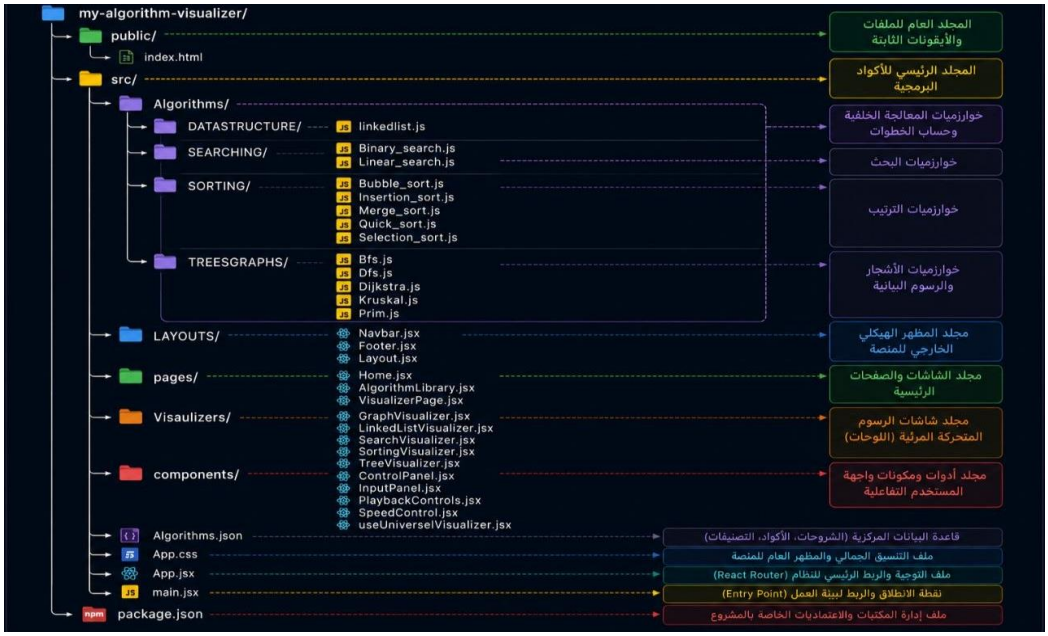
الصورة 4.6 أداة VS Code المستعملة في تطوير هذه المنصة .

ساهمت هذه الأدوات والتقنيات التي تم استعمالها في هذا المشروع على توفير بيئة مناسبة لتطوير وبناء المنصة التعليمية التفاعلية لتصور الخوارزميات وهياكل البيانات ، مع تنظيم البيئة البرمجية وتحسينها لتسهيل عملية الصيانة والتطوير مستقبلا .

3.4 هيكلة المشروع (Project Structure)

كما هو موضح في الصورة 7 ، تم تنظيم ملفات المشروع وتقسيمها حسب الوظيفة, من أجل تسهيل عملية التطوير والصيانة لاحقا ، حيث تم الفصل بين منطق الخوارزميات وواجهات العرض ، وأدوات التحكم التفاعلية ، تتمثل هذه الأقسام في :

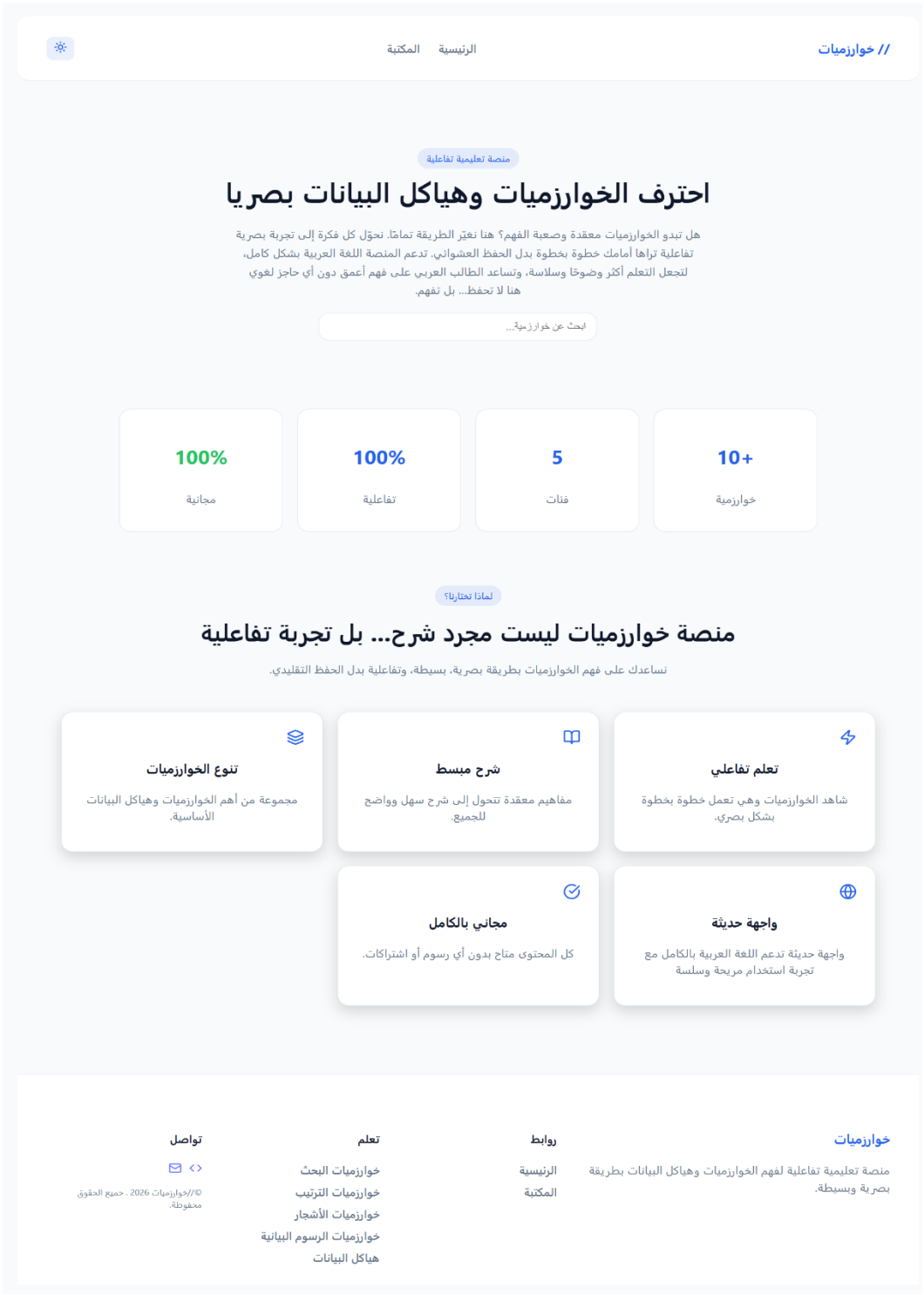
- مجلد الخوارزميات الذي يحتوي على منطق التنفيذ حيث يتم فيها توليد الخطوات يتم استعمالها لاحقا في التصور البصري؛
- مجلد عرض التصور Visualizers الذي يحتوي على مجموعة من التصورات المختلفة حسب فئة الخوارزميات ، يتم فيها تحويل خطوات الخوارزمية إلى رسوم متحركة ؛
- مجلد المكونات Components الذي يحتوي جميع الأدوات التفاعلية التي تسمح للمستخدم بالتحكم في عملية تنفيذ الخوارزمية ؛
- مجلد الصفحات Pages والذي يحتوي الصفحات الرئيسية للمنصة ؛
- مجلد LAYOUTS لتنظيم مظهر الهيكل الخارجي للمنصة ؛
- قاعدة بيانات محلية للمعلومات .



الصورة 4. 7 تنظيم ملفات المشروع

4.4 واجهات المستخدم :

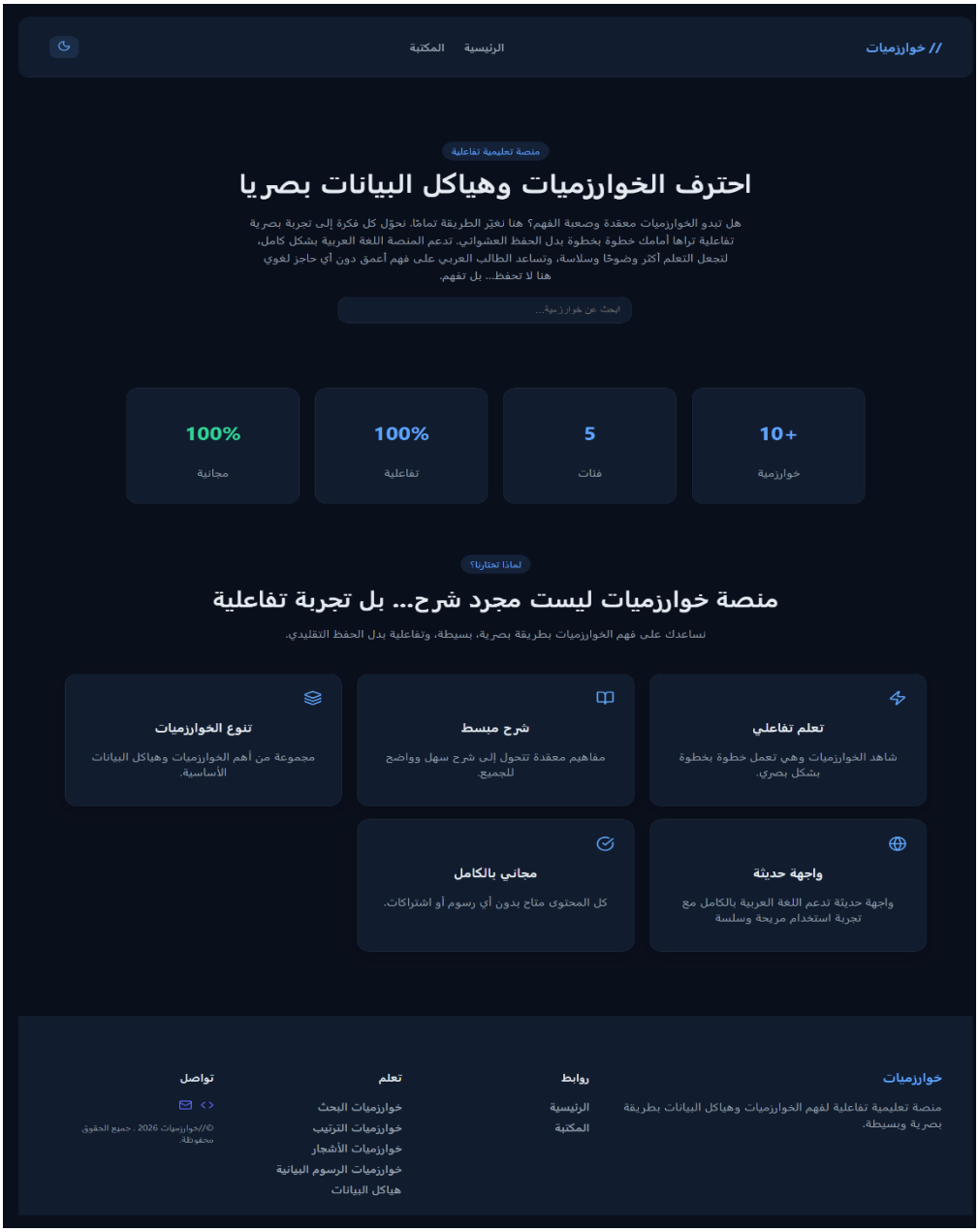
1.4.4 واجهة الصفحة الرئيسية (Home Page) :



الصورة 4.8 لقطة شاشة لواجهة المستخدم الرئيسية

الصورة 8 توضح الواجهة الرئيسية للمنصة التعليمية التفاعلية لتصور الخوارزميات وهياكل البيانات الخاصة بهذا المشروع ، تتميز بتصميم أنيق وبسيط يدعم اللغة العربية لكسر حاجز التعلم لدى المستخدم أو الطالب العربي، تنقسم الصفحة كما هو موضح إلى عدة أقسام متمثلة في :

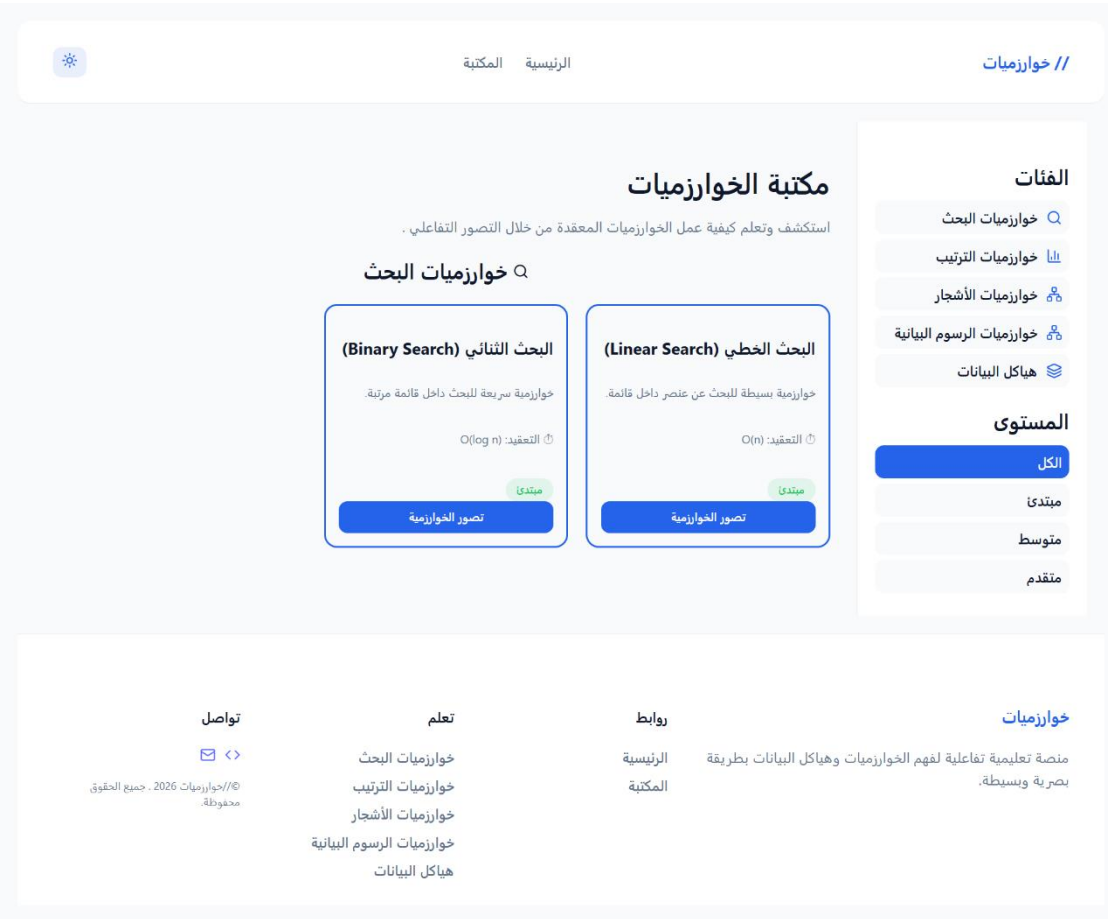
- بداية من الشريط العلوي الذي يحتوي على اسم المنصة ورابط الوصول إلى الصفحة الرئيسية وأخر للوصول الى مكتبة الخوارزميات بالضافة إلى زر لتغيير الوضع النهاري في المنصة إلى وضع ليلي كما موضح في الصورة 9؛



الصورة 4.9 لقطة شاشة لواجهة المستخدم الرئيسية في الوضع الليلي

- تتبعه مباشرة لوحة الترحيب مزودة بمحرك بحث عن الخوارزميات بحيث يمكن للمستخدم الدخول مباشرة إلى صفحة التصور انطلاقا من الضغط على الخوارزمية التي تم البحث عنها ؛
- ثم قسم خاص ببعض الاحصائيات الخاصة بالمنصة ؛
- وقسم آخر يستعرض مجموعة من الخدمات التي توفرها المنصة والتي تدفع المستخدم لاختيارها في رحلة تعلمه .والمتمثلة في التعلم التفاعلي، الشرح المبسط، وتنوع الخوارزميات، اللغة العربية والمجانية ؛
- وصولاً إلى تذييل الصفحة (Footer) الذي يحتوي مجموعة من الروابط الهيكلية الخاصة بالمشروع إضافة الى رابط التواصل مع فريق العمل ورابط ملف المشروع كونه مصدر مفتوح لتحسينه وتطويره مستقبلا بإضافة خوارزميات وتصورات جديدة .

2.4.4 واجهة مكتبة الخوارزميات (Algorithms Library Page) :



الصورة 4.10 لقطة شاشة لواجهة مكتبة الخوارزميات

الصورة 10 تمثل لقطة شاشة لواجهة مكتبة الخوارزميات حيث تستعرض الخوارزميات المتاحة على شكل بطاقات كل واحدة تحتوي اسم الخوارزمية وشرح بسيط مع التعقيد الزمني ومستوى الصعوبة .

يستطيع المستخدم أو الطالب فرز الخوارزميات بناء على الفئة أو المستوى باختياره من القائمة الجانبية التي تدعم نظام فلترة وتصفية متقدم يضمن وصولا سريعا ومخصصا للخوارزمية المراد رؤية محاكاتها بصريا .

3.4.4 واجهة عرض التصور أو المحاكاة (Visualiser Page) :

الصورة 4.11 لقطة شاشة لصفحة عرض المحاكاة بصريا قبل معالجة البيانات

تمثل الصورة 11 لقطة شاشة لصفحة عرض محاكاة بصرية لتنفيذ الخوارزمية تنقسم إلى عدة أقسام متمثلة في ما يلي :

- أعلى الصفحة مخصص لاسم الخوارزمية المراد رؤية محاكاة تنفيذها بصريا مع زر للرجوع إلى مكتبة الخوارزميات ؛
- اللوحة في الجانب الأيمن للصفحة تحتوي على لوحة إدخال البيانات حيث يستطيع الطالب إدخالها يدويا أو توليدها عشوائيا بعد تحديد حجم المصفوفة ، كما يستطيع تغيير قيم المصفوفة أو الحذف منها قبل

بدأ التصور، تحتوي أيضا على زر ابدأ الذي يسمح بتهيئة الخوارزمية من أجل بدأ التصور , وزر إعادة الذي يعيد جميع عناصر الصفحة الى الحالة الابتدائية ، أيضا مفتاح الألوان التي تميز عمليات تنفيذ الخوارزمية اثناء المحاكاة ؛

- اللوحة في الجانب الايسر تحتوي التمثيل الخوارزمي للخوارزمية مرفقا بشرح نظري يعزز الفهم أكثر بالتزامن مع التصور البصري ؛
- اللوحة المركزية في حالتها الابتدائية تحتوي رسالة تنبيهية تنوه بصرورة إدخال البيانات من أجل توليد الخطوات وظهور الأشكال الرسومية وفقا لذلك .

الصورة 4.12 لقطة شاشة لصفحة عرض المحاكاة أثناء عملية المحاكاة لخوارزمية الترتيب الفقاعي.

تحتوي اللوحة المركزية أثناء عملية عرض التصور على مجموعة من العناصر كما هو موضح في الصورة 12، تتمثل في ما يلي : أعلى اللوحة يستطيع المستخدم اختيار نوع العرض الذي يناسبه سواء أعمدة أو مصفوفة وهذه خاصية متوفرة في خوارزميات الترتيب فقط، تحته تظهر بطاقة العمليات التي توضح العمليات التي تتم بين عناصر المصفوفة من مقارنة وتبديل واكتمال الترتيب ، ثم عرض عناصر المصفوفة على شكل أعمدة بيانية ديناميكية تتغير ألوانها وفقا للعمليات التي تتم في كواليس تنفيذ الخوارزمية , مدعومة بلوحة تحكم سفلية تسمح للمستخدم بتشغيل المحاكاة

وإيقافها ، إضافة إلى التحكم في تنفيذها خطوة بخطوة ، وأيضا يمكنه إعادة الرسم إلى حالته الابتدائية قبل بدأ المحاكاة ،كذلك التحكم في سرعة الحركة بالملي ثانية .

5.4 تنفيذ الخوارزميات :

تعتمد المنصة في تصورها البصري للخوارزميات بمختلف أنواعها على مبدأ التصور التدريجي , حيث يتم تنفيذ الخوارزمية خطوة بخطوة مع تحديث مستمر للعناصر الرسومية ديناميكيا مما يسمح للمستخدم بمتابعة مراحل تنفيذ الخوارزمية بصريا ، ولأن الخوارزميات داخل المنصة تتشابه في عملية تنفيذها سيتم التركيز على خوارزمية واحدة المتمثلة في خوارزمية كروسكال (Kruskal) لتوضيح آلية التنفيذ وربطها بالتصور البصري .

1.5.4 نبذة عن الخوارزمية :

تعتبر خوارزمية كروسكال من اشهر الخوارزميات الجشعة (Greedy Algorithms) في نظرية الرسوم البيانية ، حيث تهدف لاختيار مجموعة من الحواف التي تربط جميع العقد ببعضها دون تشكيل أي دورات (Cycle) بأقل مجموع ممكن لأوزان الحواف .

2.5.4 آلية تنفيذ الخوارزمية داخل المنصة :

تعمل المنصة على تحويل المنطق الرياضي للخوارزمية إلى نظام محاكاة يتفاعل معه المستخدم ، يتم هذا وفق مجموعة من المراحل المتمثلة في :

1.2.5.4 تمثيل الرسم البياني:

يتم تمثيل الرسم البياني برمجيا في بيئة العمل حيث يتم تخزينه في صيغة Json يعتمد على قائمة المجاورة لضبط العلاقات والأوزان بين العقد ، بالإضافة إلى الإحداثيات الديكارتية لكل عقدة لتحديد موقعها في الشاشة . كما هو موضح في الصورة 13. بينما الحواف يتم تمثيلها مباشرة من خلال الإحداثيات الديكارتية للعقد .

```
graph: {
  أ: [
    { node: "ب", weight: 4 },
    { node: "ج", weight: 2 }
  ],

  ب: [
    { node: "د", weight: 3 },
    { node: "و", weight: 6 }
  ],

  ج: [
    { node: "ف", weight: 5 }
  ],

  د: [
    { node: "أ", weight: 2 }
  ],

  و: [
    { node: "ج", weight: 1 }
  ],

  ف: [
    { node: "ب", weight: 3 }
  ]
},

  positions: {
    أ: { x: 250, y: 50 },

    ب: { x: 140, y: 150 },
    ج: { x: 360, y: 150 },

    د: { x: 80, y: 280 },
    و: { x: 220, y: 280 },
    ف: { x: 360, y: 280 }
  },

  startNode: "أ"
},
```

الصورة 4.13 قائمة المجاورة واحداثيات العقد على الشاشة بصيغة JSON

2.2.5.4 ترتيب الحواف حسب الوزن:

```
const edges = [];


edges.sort((a, b) => a.weight - b.weight);
```

الصورة 4.14 مقطع خوارزمي لترتيب الحواف تصاعديا حسب الوزن

الخطوة الأولى في منطق الخوارزمية هي ترتيب الحواف حسب الوزن تصاعديا من الأصغر الى الأكبر حتى تقوم لاحقا بفحص الوزن الأقل ، توضح الصورة 14 مقطع من منطق الخوارزمية حيث يتم استعمال دالة Sort لترتيب الحواف .

4.5.2.3 حفظ خطوات التنفيذ:

حتى يتمكن المستخدم من التحكم في خطوات تصور الخوارزمية أو محاكاتها ، يتم حفظ وتسجيل خطوات التنفيذ داخل مصفوفة الخطوات الزمنية، الصورة 15 توضح ذلك .

```
steps.push({
  current: to,
  selectedEdges: [...mst],
  mstWeight,
  log: `إضافة  (${weight}) ${from} -> ${to}  `
});
```

الصورة 4.15 التسجيل اللحظي أثناء تنفيذ الخوارزمية

4.5.3 التصور البصري للخوارزمية :

4.5.3.1 استعمال ال SVG :

```
{/* EDGE */}
<line
  x1={p1.x}
  y1={p1.y}
  x2={p2.x}
  y2={p2.y}
  className={
    isSelected
      ? "graph-edge selected"
      : isActive
      ? "graph-edge active"
      : "graph-edge"
  }
/>

{/* WEIGHT */}
<text
  x={(p1.x + p2.x) / 2}
  y={(p1.y + p2.y) / 2}
  textAnchor="middle"
  className="graph-weight"
>
  {weight}
</text>
```

الصورة 4.16 رسم الحواف واضافة الاوزان بواسطة SVG

تعتمد الواجهة الرسومية أساسا في خوارزميات الأشجار والرسوم البيانية على تقنية SVG لرسم العقد والحواف بدقة . الصورة 16 توضح كيفية رسم الحواف انطلاقا من الإحداثيات الديكارتية للعقد بواسطة SVGوإضافة الأوزان .

4.5.3.2 تغيير الألوان:

تغير الألوان خلال محاكاة الخوارزمية بصريا وفقا للعمليات التي تتم يعزز من جودة التصور وجودة الفهم لدى المتعلم ، توضح الصورة 17 جزء ا يوضح كيف يتم تغير ألوان الحواف بواسطة CSS ، حيث تتغير الحواف من لونها الطبيعي الى اللون الأخضر فقط إذا تم اختيارها .

```
.graph-edge.selected {
  stroke: var(--green);
  stroke-width: 3;
}
```

الصورة 4.17 مقطع من CSS يبين كيفية تغيير لون الحافة

4.5.3.3 تحديث الرسم تدريجيا:

في كل مرة تتغير فيها الخطوة الحالية أثناء تنفيذ الخوارزمية يتم إضافة الحافة الجديدة في مصفوفة الحواف انطلاقا من مصفوفة الخطوات التي تم حفظها عند تنفيذ منطق الخوارزمية ، ثم يعيد المصفوفة إلى React كما في الصورة 18 . وهكذا يتم التحديث في كل مرة .

```
return edges;
```

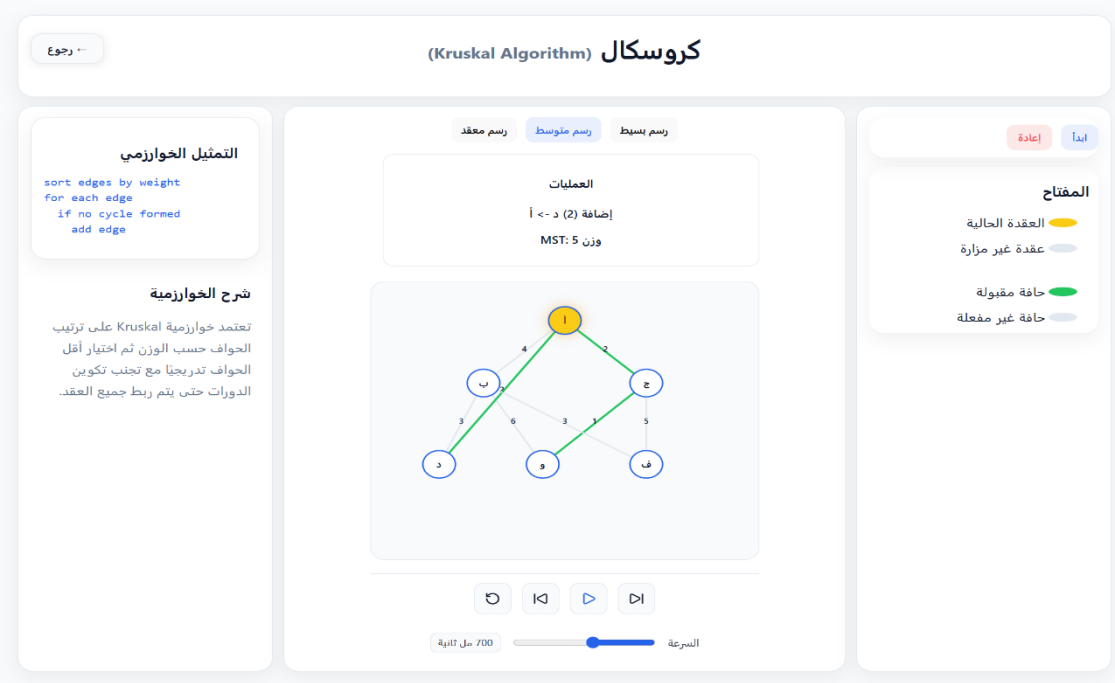
الصورة 4. 18 كيفية ارجاع المصفوفة الى React

4.5.4 مثال تطبيقي :

أولا مرحلة ما قبل التنفيذ ، حيث يقوم المستخدم بداية باختيار مستوى تعقيد الرسم البياني ثم يليه النظام بترتيب الحواف تصاعديا نسبة إلى الأوزان ، وظهور الحافة المختارة الأولى ذات أقل وزن وهو 1 باللون الأخضر التي تربط العقدة "و" بالعقدة الهدف "ج" التي تلون باللون البرتقالي كما هو موضح في الصورة 19.

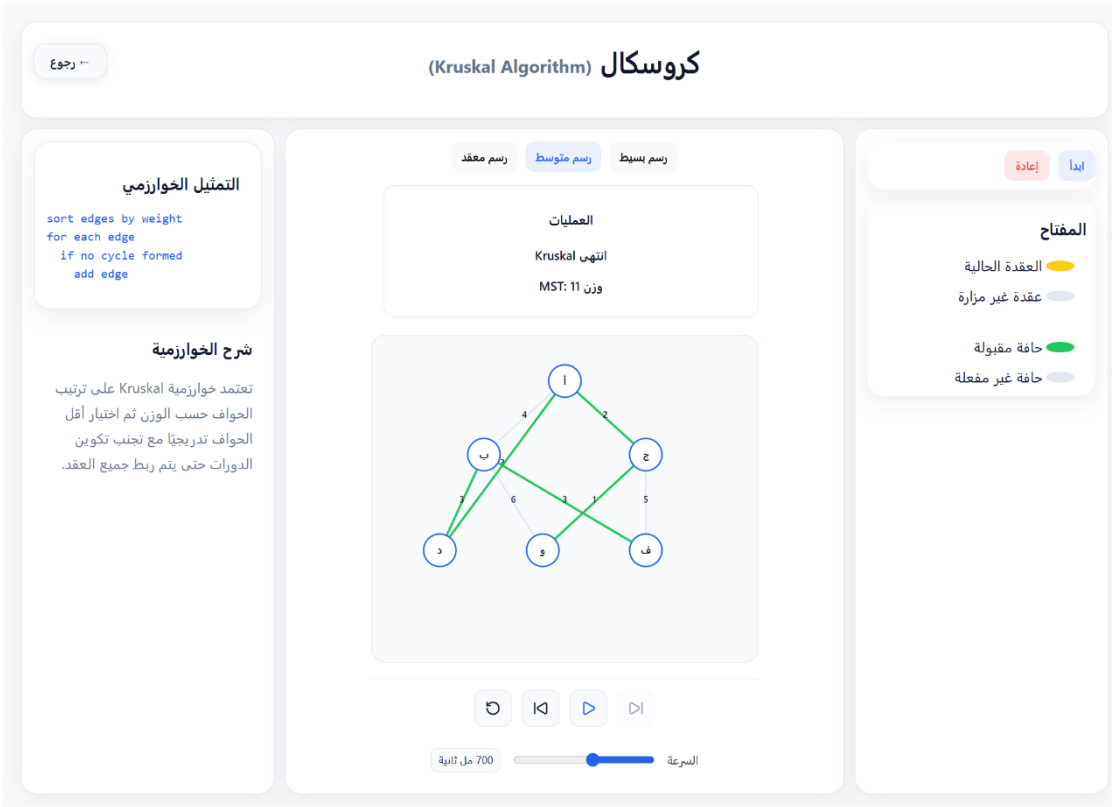
الصورة 4.19 مرحلة ما قبل التنفيذ

ثانيا مرحلة أثناء التنفيذ ، حيث تتقدم المحاكاة خطوة بخطوة ، ويتم تلوين جميع الحواف المختارة باللون الأخضر والتي لم يتم زيارتها بعد تبقى باللون الرمادي ، تزامنا مع المحاكاة يتم تحديث الوزن في بطاقة العمليات أعلى التصور ، الصورة 21 توضح هذا .



الصورة 4.21 مرحلة أثناء التنفيذ

مرحلة ما بعد التنفيذ ، حيث يتوقف المؤقت الزمني تلقائيا بعد انتهاء الخطوات و عرض النتيجة النهائية للخوارزمية ، يتم تلوين المسار بالأخضر و إشعار بنهاية التصور مع عرض مجموع الأوزان في بطاقة العمليات . الصورة 20 توضح ذلك .



الصورة 4.20 مرحلة ما بعد التنفيذ

6.4 النتائج النهائية:

بعد المرور بجميع المراحل الضرورية لإنجاز هذه المنصة من حليل وتصميم وتطوير واختبار ، أخيرا تم الحصول على منصة تعليمية تفاعلية لتصور الخوارزميات والهياكل البيانات ديناميكيا ، تهدف إلى تسهيل وتبسيط المفاهيم المعقدة للخوارزميات ومتابعة طريقة عملها خطوة بخطوة.

دعم المنصة للغة العربية ساهم في كسر حاجز اللغة عند المستخدمين العرب وبالتالي تسهيل المفاهيم المتعلقة بالخوارزميات من خلال تقديم شروحات نظرية مبسطة ترافق المحاكاة ، مما يساعد في تحسين تجربة المستخدم وتسهيل عملية التعلم.

المنصة توفر بيئة تعليمية تفاعلية تمكن المستخدم أو الطالب من اختيار الخوارزمية المراد رؤية محاكاتها بصريا ، إدخال البيانات اللازمة لتشغيل المحاكاة ثم متابعتها ، مع تحديث عناصر التصور لحظيا أثناء المحاكاة.

تقنية React ، هذه المكتبة ساهمت في بناء واجهة مستخدم مرنة وديناميكية تتوافق مع احتياجات المنصة في التحديث المستمر لعناصر التصور ، هذا أدى إلى تحقيق تصور بصري سلس طوال مدة تنفيذ الخوارزميات.

تظهر النتائج أيضا نجاح المنصة في تصور جميع الخوارزميات التي تحتويها حاليا ، وتم اختبار نجاح تصور خوارزمية كروسكال kruskal سابقا حيث يتم عرض الرسم البياني المتمثل في العقد والحواف بواسطة SVG مع تحديث ألوان الحواف تدريجيا أثناء عملية التنفيذ ، إضافة إلى عرض مختلف العمليات التي تقوم بها الخوارزمية ، هذا يساعد المستخدم في فهم طريقة عملها بنسبة أكبر.

اعتماد طريقة حفظ خطوات التنفيذ ثم عرضها تدريجيا بطريقة بصرية ساهم في تحسين عملية التصور و مراقبة كيفية عمل الخوارزمية وتنفيذه.

تدعم المنصة مجموعة من الشروحات النظرية التي ترافق التصور البصري بهدف إثراء الفهم وتعزيزه أكثر ، حيث تم توفير شرح نظري مع تمثيل خوارزمي لكل خوارزمية تساعد في فهم طريقة عمل الخوارزمية مع متابعة المحاكاة ، هذا يعزز دمج التعلم النظري والتطبيقي داخل نفس البيئة التعليمية .

تدعم المنصة مجموعة من أدوات التحكم التي تسمح للمستخدم بالتفاعل مع المنصة ومع التصور البصري بالخصوص ، حيث تم توفير عناصر مثل تشغيل وإيقاف التنفيذ ، إعادة التشغيل، التنقل بين الخطوات بالتقدم إلى

الأمام والرجوع إلى الخلف ، بالإضافة إلى التحكم في سرعة التنفيذ ، هذا يعطي المستخدم فرصة لتعلم الخوارزميات وفهمها أكثر انطلاقا من تحكمه الكامل في عملية التنفيذ.

لوحة العمليات التي تقوم بعرض مختلف القرارات والعمليات التي تنفذها الخوارزمية في حالة التشغيل ، مثل المقارنات والتبديل أو اختيار الحواف ، يساهم هذا الجزء في تعزيز فهم الخوارزمية وزيادة نسبة التقدم فيها مقارنة بالطريقة التقليدية المتمثل في الاكتفاء بالشرح النظري أو الطريقة الثانية المتمثلة في التصور البصري فقط دون أي عناصر نظرية .

وتوضح النتائج النهائية أن دمج التصور البصري والتفاعل الديناميكي مع التعلم النظري في تعليم الخوارزميات يساهم بالفعل في تسهيل عملية والتعلم وتبسيط المفاهيم المعقدة وتحسين قدرة الطلبة على فهم آلية عمل الخوارزميات وكيفية تنفيذها بصورة فعالة.

7.4 التحديات والصعوبات :

بعد الانتهاء من جميع مراحل تصميم تحليل وتطوير المنصة التعليمية التفاعلية لتصور الخوارزميات وهياكل البيانات وتنفيذها من المهم التطرق إلى الصعوبات والتحديات التي واجهت عملية بناء هذا المشروع ،والمتمثلة في :

- تنظيم بنية المشروع أي ملفاته ومكوناته كانت من أكبر التحديات التي واجهت عملية إنجاز هذا المشروع خاصة مع تزايد الخوارزميات داخل المنصة ، ولذلك تم الاعتماد على تقسيم المشروع إلى مكونات مستقلة وتنظيم الملفات حسب عملها ، هذا ساعد كثيرا في عملية التطوير والبناء لاحقا بالإضافة إلى تحسين عملية الصيانة ؛

- من بين الصعوبات أيضا إيجاد وتصميم آلية مشتركة بين جميع الخوارزميات لحفظ خطوات التنفيذ حتى يتم تتبعها لاحقا خلال المحاكاة ، وهذا يتم بربط التنفيذ الداخلي لمنطق الخوارزمية بالتصور البصري داخل الشاشة ؛

- من الصعوبات التي تم التصادم معها أيضا هي تمثيل الأشجار والرسوم البيانية بواسطة تقنية SVG حيث كان من الصعب تحديد الإحداثيات الديكارتية للعقد والربط بينها بواسطة الحواف ليظهر في النهاية

واجهة رسومية تمثل هتين الفئتين من الخوارزميات تسمح بتنفيذ محاكاة للخوارزمية المراد تصورها من خلالها

.

8.4 الآفاق المستقبلية :

لقد تم بالفعل تحقيق الأهداف الأساسية للمشروع , إلا أن المنصة لا تزال قابلة للتطوير والتحسين ، من بين أهم الآفاق التي يتم التطلع إليها :

- إضافة خوارزميات وهياكل بيانات جديدة ؛
- إضافة طرق مختلفة لعرض التصور البصري في الخوارزمية الواحدة ؛
- دعم لغات أخرى بجانب اللغة العربية ؛
- إضافة نظام تتبع مستوى تقدم المتعلم خلال رحلة تعلمه؛
- إضافة تمارين وأسئلة تختبر مدى فهم المتعلم للخوارزمية؛
- تطوير نسخة تتجاوب مع مختلف أنواع الأجهزة.

9.4 خاتمة الفصل :

تم في هذا الفصل عرض جميع مراحل بناء وتطوير المنصة التعليمية التفاعلية لتصور الخوارزميات وهياكل البيانات ، بداية من الأدوات والتقنيات التي تم استخدامها إلى التطرق إلى البنية المعمارية للمشروع ثم شرح كيفية تنفيذ الخوارزميات وكيفية ربطها بالتصور البصري حتى تظهر المحاكاة للمستخدم على الشاشة .

تم بالفعل التركيز على خوارزمية كروسكال kruskal كنموذج لتوضيح كيف يتم تنفيذ الخوارزمية والتصور البصري انطلاقا من توليد خطوات التنفيذ وتمثيل الرسم البياني بواسطة SVG تقنية إضافة إلى كيفية تحديث الواجهة تدريجيا وكيف يتم التفاعل أثناء عملية المحاكاة.

نهاية أظهرت النتائج نجاح هذه المنصة في توفير بيئة تعليمية تفاعلية فعالة تدمج بين التعلم النظري والتعلم التطبيقي بتقديم شروحات نظرية بالتوازي مع التصور البصري والتفاعل معه وبالتالي تبسيط المفاهيم المعقدة الخاصة بالخوارزميات وتعزيز قدرة الطالب على استوعاب خطوات تنفيذها.

تم التطرق أيضا إلى مجموعة من التحديات والصعوبات التي ووجهت أثناء إنجاز هذا المشروع بالإضافة إلى تحديد بعض الأهداف التي يسعى إلى تحقيقها مستقبلا لتحسين المنصة وتطويرها أكثر.

الخاتمة العامة:

تم التوصل في ختام هذه المذكرة إلى تصميم وتطوير منصة تعليمية تفاعلية تختص في تسهيل المفاهيم المعقدة للخوارزميات وهياكل البيانات من خلال التصور البصري والتفاعل مع مختلف مراحل التنفيذ ، وقد جاء هذا استجابة لحاجة الطالب العربي المختص في علوم الحاسوب لمثل هذه الوسائل التعليمية الحديثة التي توفر بيئة تفاعلية تساعده على فهم الخوارزميات دون الاكتفاء بالطريقة النظرية التقليدية المتداولة في الجامعات العربية.

تم الاعتماد في إنجاز هذا المشروع على مجموعة من التقنيات الحديثة التي ساهمت في تصميم واجهة تسمح للمستخدم بالتفاعل مع التصور البصري للخوارزمية ، أي تمثيل الخوارزميات وهياكل البيانات بصورة بصرية تسمح بتتبع عملية سير وتنفيذ الخوارزمية خطوة بخطوة.

تم الاعتماد أيضا على طريقة توليد خطوات التنفيذ وربطها بالتصور البصري ، الأمر الذي سمح بعرض عملية سير وتنفيذ الخوارزميات خطوة بخطوة داخل واجهة المستخدم ، طبعا هذا ساهم في تحسين تجربة المستخدم وتبسيط المفاهيم وجعلها أكثر سهولة وأكثر قابلية للفهم .

بالإضافة إلى الجانب التطبيقي في المنصة تم أيضا إدراج جزء نظري بسيط مرافق يتمثل في عرض التمثيل الخوارزمي وشرح تعليمي قصير يوضح كيفية عمل الخوارزمية ، مما ساهم في تعزيز نسبة الفهم أكثر مقارنة بالطريقة التقليدية النظرية فقط أو عرض التصور البصري لوحده فقط.

رغم النجاح في تحقيق أهداف المشروع الرئيسية إلا أنه لا بد من مواجهة بعض الصعوبات والتحديات في رحلة الإنجاز ، من بين هذه الصعوبات تنظيم بنية المشروع بالإضافة إلى تحديد طريقة عامة تشمل جميع الخوارزميات تساعد على عرض التصور البصري لاحقا والتي كانت توليد خطوات تنفيذ الخوارزمية.

في الأخير ، يقوم هذا المشروع بإبراز دور التقنيات الحديثة في تطوير أدوات ومنصات تعليمية تسهل عملية التعلم ، كذلك توضيح أهمية التصور البصري والتفاعل الديناميكي في تحسين جودة تعلم الخوارزميات وهياكل البيانات وجعلها أكثر وضوحا.

Abstract:

This thesis aims to develop an interactive educational platform that supports the Arabic language, helping to enhance the Arab student is understanding of the algorithm is implementation process through visual simulation and dynamic interaction with the algorithm is implementation steps. Initially, a number of available recent theses and research papers and some educational platforms related to the field were studied and analyzed. Then, React was adopted as the primary technology in building and developing this project. The most important system requirements were analyzed and designed using a set of UML diagrams. The stages of platform development were then presented step by step, with Kruskal's algorithm being presented as an applied model to explain the implementation mechanism and visualization. Finally, the final results showed the platform is success in providing an interactive learning environment that enhances the understanding process and improves the quality of learning by integrating the theoretical and applied aspects, in addition to supporting the Arabic language. Also mentioned were a number of challenges and difficulties encountered during the project is completion journey, as well as a number of future prospects that are hoped to be achieved to contribute to the further development and improvement of the platform.

ملخص المذكرة :

تهدف هذه الأطروحة إلى تطوير منصة تعليمية تفاعلية تدعم اللغة العربية ، تساعد في تعزيز فهم الطالب العربي لعملية سير وتنفيذ الخوارزميات من خلال عرض المحاكاة البصرية والتفاعل الديناميكي مع خطوات تنفيذها ، بداية ، تم دراسة وتحليل مجموعة من الأطروحات والأبحاث الحديثة المتاحة وبعض المنصات التعليمية ذات الصلة بالمجال ، ثم تم الاعتماد على React كتقنية أساسية في بناء وتطوير هذا النظام ، كما تم تحليل أهم متطلبات النظام وتصميمه باستخدام مجموعة من مخططات UML ، بعد ذلك تم عرض مراحل تطوير المنصة مرحلة مرحلة مع عرض خوارزمية كروسكال Kruskal كنموذج تطبيقي لشرح آلية التنفيذ والتصور ،وأخيرا أظهرت النتائج النهائية نجاح المنصة في توفير بيئة تعليمية تفاعلية ، تعزز عملية الفهم وتحسن جودة التعلم من خلال دمج الجانبين النظري والتطبيقي ، بالإضافة إلى دعم اللغة العربية ، كما تم ذكر بعض التحديات والصعوبات التي تم التعرض لها خلال رحلة إنجاز المشروع ، فضلا عن عدد من الآفاق المستقبلية المرجوة للمساهمة في تطوير المنصة وتحسينها أكثر.

قائمة المراجع:

[1] M. L. Cooper, "Algorithm Visualization: The State of the Field," M.S. thesis, Dept. Comput. Sci. Appl., Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, VA, 2007.

[2] M. R. U. H. Anantha Gopan B S, A. Krishnan U S, J. V, S. S, R. Kumar R, and H. Hidayath, "A Comprehensive Literature Review of Algorithm and Data Structure Visualization Tools: Research Gaps and Future Directions," *International Journal of Scientific Research in Science, Engineering and Technology*, vol. 13, no. 1, pp. 409-417, Jan.-Feb. 2026. doi: https://doi.org/10.32628/IJSRSET26133.

[3] M. H. Brown and R. Sedgewick, "A System for Algorithm Animation," *Computer Graphics*, vol. 18, no. 3, pp. 177-186, Jul. 1984

[4]P. Perháč and S. Šimoňák, "Interactive System for Algorithm and Data Structure Visualization," Computer Science Journal of Moldova, vol. 30, no. 1 (88), pp. 28-48, 2022.

[5] G. Mariani, "Design of an Application to Collect Data and Create Animations from Visual Algorithm Simulation Exercises," M.S. thesis, School of Science, Aalto University, Espoo, Finland, 2020.

[6] A. J. D. Alon, "AlgoViz Project: Building an Algorithm Visualization Web Community," M.S. thesis, Dept. Comput. Sci. Appl., Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, VA, USA, 2010.

[7]R. M. T. Farracho, "GeomVis: WebApp for Computational Geometry Algorithm Visualization," M.S. thesis, Dept. Inf. Syst. Comput. Eng., 2021.

[8] F. Raubetean, "Algorithm Analysis in OpenDSA – An Online, Open Source, Interactive Platform for Data Structures," M.S. thesis, Dept. Comput. Sci., Åbo Akademi University, Åbo, Finland, May 2016.

[9] S. Halim, "VisuAlgo - Visualising Data Structures and Algorithms Through Animation," VisuAlgo.net. https://visualgo.net .

[10] "Visualize DSA - Interactive Data Structures and Algorithms Visualization," Visualize DSA. https://visualize-dsa.vercel.app .

[11] "ALGOViz - Interactive Algorithm and Data Structure Visualization Platform," ALGOViz. https://algoviz.org .

[12] "SEE ALGORITHMS - Interactive Platform for Visualizing Data Structures and Algorithms," SEE ALGORITHMS. https://see-algorithms.com .

[13] B. N. Miller and D. L. Ranum, Problem Solving with Algorithms and Data Structures Using Python. Runestone Academy, 2017. [Online]. Available: https://runestone.academy/ns/books/published/pythonds/index.html

[14] "React – A JavaScript library for building user interfaces," Meta Open Source. https://react.dev.