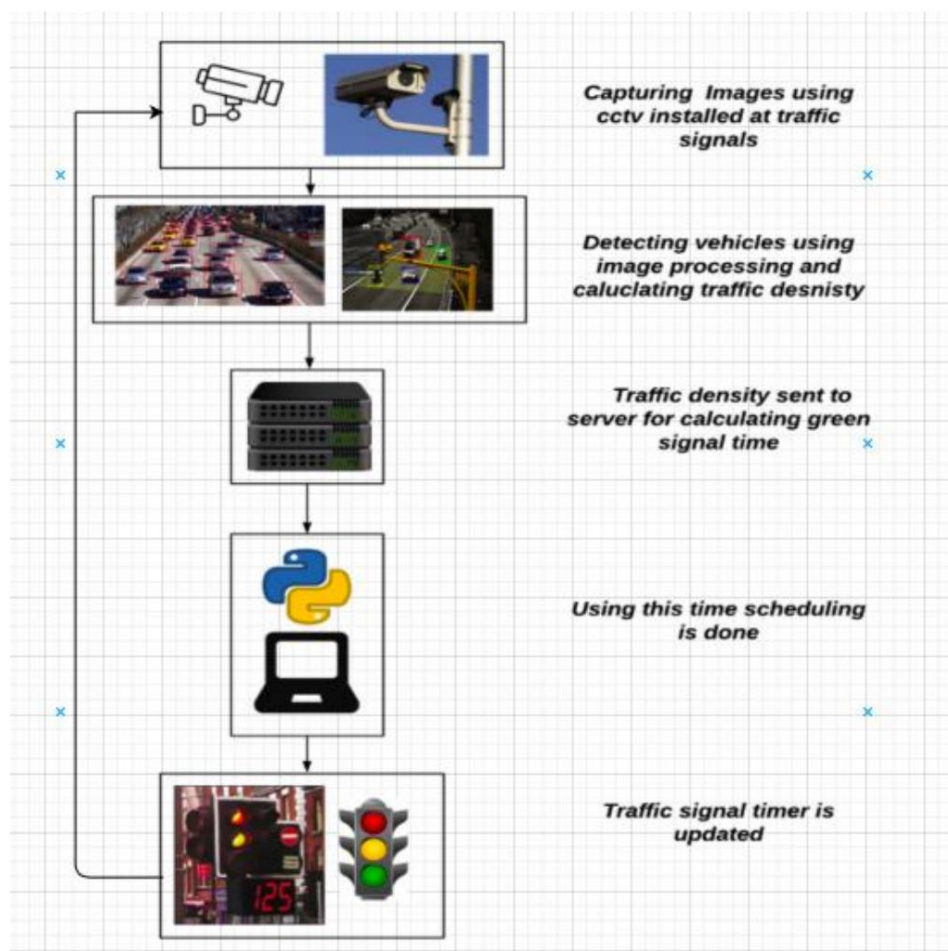


مؤقت إشارات المرور التكيفي

تفاصيل التنفيذ

نظرة عامة على النظام المقترح

يأخذ نظامنا المقترح صورة من كاميرات المراقبة CCTV عند تقاطعات المرور كمدخل لحساب كثافة حركة المرور في الوقت الفعلي باستخدام معالجة الصور وكشف الأشياء. يمكن تقسيم هذا النظام إلى 3 وحدات: وحدة اكتشاف المركبات، وخوارزمية تبديل الإشارة، ووحدة المحاكاة. كما هو موضح في الشكل أدناه، يتم تمرير هذه الصورة إلى خوارزمية اكتشاف المركبات، والتي تستخدم YOLO. يتم اكتشاف عدد المركبات من كل فئة، مثل السيارة والدراجة والحافلة والشاحنة، وذلك لحساب كثافة حركة المرور. تستخدم خوارزمية تبديل الإشارة هذه الكثافة، من بين بعض العوامل الأخرى، لضبط مؤقت الإشارة الخضراء لكل مسار. يتم تحديث أوقات الإشارة الحمراء وفقاً لذلك، يقتصر وقت الإشارة الخضراء على قيمة قصوى وحد أدنى لتجنب نقص حارة معينة. كما تم تطوير محاكاة لإظهار فعالية النظام ومقارنته بالنظام الثابت الحالي.



وحدة اكتشاف المركبات

• يستخدم النظام المقترح نظام YOLO (تنظر مرة واحدة فقط) للكشف عن المركبات، مما يوفر الدقة ووقت المعالجة المطلوبين. تم تدريب نموذج YOLO مخصص للكشف عن المركبات، والذي يمكنه الكشف عن مركبات من فئات مختلفة، مثل السيارات والدراجات النارية والمركبات الثقيلة (الحافلات والشاحنات) وعربات الركشة.

• تم إعداد مجموعة البيانات لتدريب النموذج عن طريق استخراج الصور من جوجل ووضع علامات عليها يدويًا باستخدام LabelIMG، وهي أداة توضيحية للصور الرسومية.

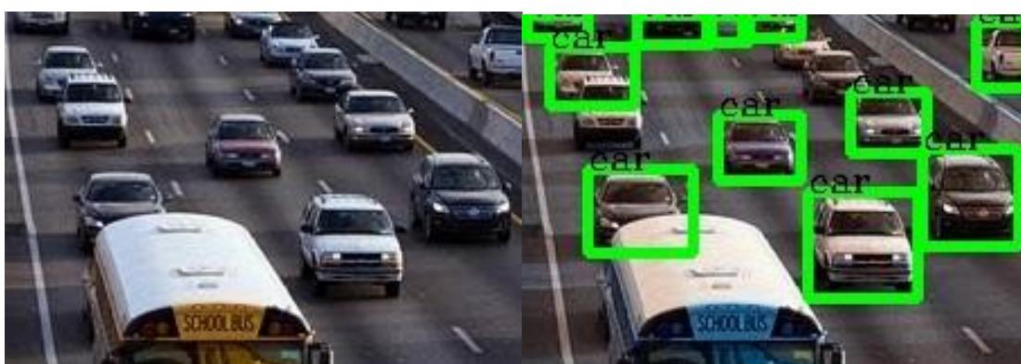
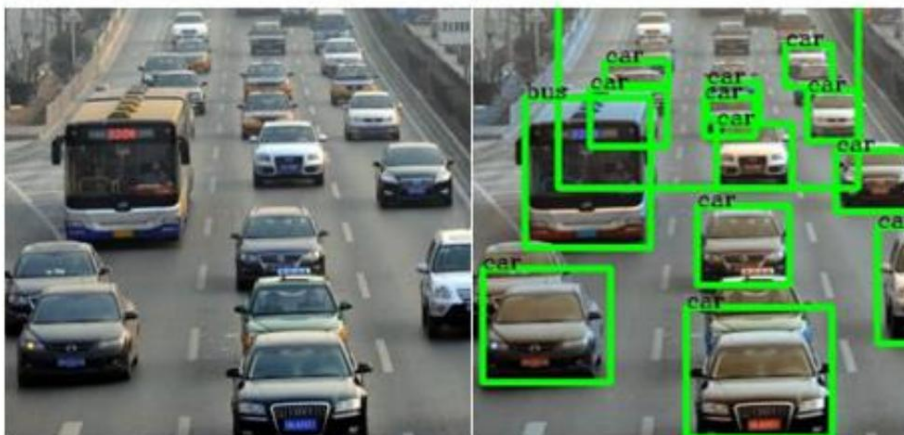
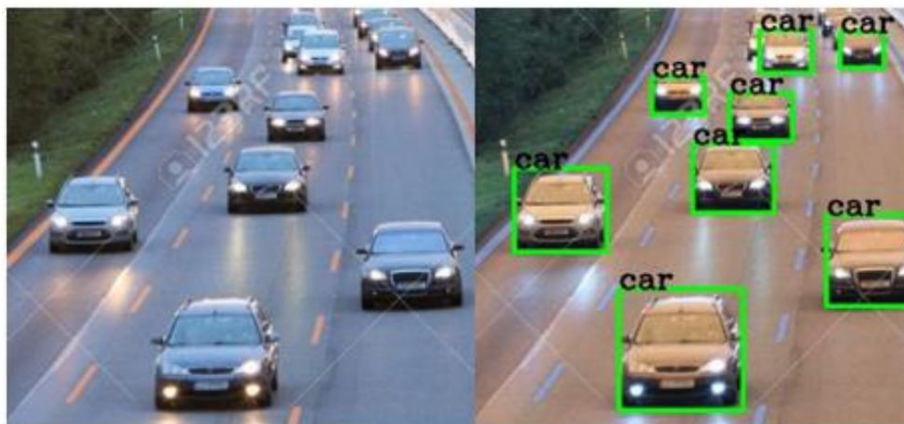
• ثم تم تدريب النموذج باستخدام الأوزان المُدربة مسبقًا والتي تم تنزيلها من موقع YOLO الإلكتروني. تم تغيير إعدادات ملف gfc المُستخدم للتدريب وفقًا لمواصفات نموذجنا. تم ضبط عدد الخلايا العصبية المُخرجة في الطبقة الأخيرة بحيث يُساوي عدد الفئات التي يُفترض أن يكتشفها النموذج بتغيير مُتغير "الفئات". في نظامنا، كان هذا العدد 4، وهي: السيارة، والدراجة، والحافلة/الشاحنة، وعربة الركشة. يجب أيضًا تغيير عدد المُرشّحات بالصيغة $(5 + 5 * \text{عدد الفئات})$ ، أي 45 في نظامنا.

قضية.

بعد إجراء هذه التغييرات في التكوين، تم تدريب النموذج حتى انخفضت الخسارة بشكل ملحوظ ولم تعد تظهر أي انخفاضات. كان هذا نهاية التدريب، وتم تحديث الأوزان وفقًا لمتطلباتنا.

تم استيراد هذه الأوزان بعد ذلك في الكود واستخدامها للكشف عن المركبات بمساعدة مكتبة OpenCV. يتم تحديد عتبة كحد أدنى للثقة المطلوبة للكشف الناتج. بعد تحميل النموذج وتزويده بصورة، يُعطى النموذج النتيجة بصيغة JSON، أي على شكل أزواج مفتاح-قيمة، حيث تكون العلامات مفاتيح، وثقتها وإحداثياتها قيمًا. مرة أخرى، يمكن استخدام OpenCV لرسم حدود الصور من العلامات والإحداثيات المُستقبلية.

فيما يلي بعض الصور لمخرجات وحدة اكتشاف المركبات:



خوارزمية تبديل الإشارة

تُضبط خوارزمية تبديل الإشارات مؤقت الإشارة الخضراء وفقًا لكثافة حركة المرور المُسترجعة من وحدة كشف المركبات، وتُحدّث مؤقتات الإشارة الحمراء للإشارات الأخرى وفقًا لذلك. كما تُبَدّل بين الإشارات دوريًا وفقًا للمؤقتات.

تأخذ الخوارزمية معلومات المركبات المكتشفة من وحدة الكشف، كما هو موضح في القسم السابق، كمداخلات. تكون هذه المدخلات بصيغة JSON، حيث يكون اسم الكائن المكتشف هو المفتاح. وقيم الثقة والإحداثيات هي القيم. ثم تُحلل هذه المدخلات لحساب العدد الإجمالي للمركبات من كل فئة. بعد ذلك، يُحسب زمن الإشارة الخضراء ويُخصص لها، وتُضبط أوقات الإشارات الحمراء للإشارات الأخرى وفقًا لذلك. يمكن توسيع نطاق الخوارزمية لتشمل أي عدد من الإشارات عند التقاطع.

تم أخذ العوامل التالية في الاعتبار أثناء تطوير الخوارزمية: 1. وقت معالجة الخوارزمية لحساب كثافة حركة المرور ثم مدة الضوء الأخضر - وهذا يحدد الوقت الذي يجب فيه التقاط الصورة

2. عدد المسارات

3. العدد الإجمالي للمركبات من كل فئة مثل السيارات والشاحنات والدراجات النارية وما إلى ذلك.

4. كثافة حركة المرور المحسوبة باستخدام العوامل المذكورة أعلاه. 5. الوقت المضاف بسبب التأخير الذي تعاني منه كل مركبة أثناء بدء التشغيل والزيادة غير الخطية في التأخير الذي تعاني منه المركبات الموجودة في الخلف [13]

6. متوسط سرعة كل فئة من المركبات عند بدء الضوء الأخضر أي المتوسط

الوقت المطلوب لعبور الإشارة من قبل كل فئة من المركبات [14]

7. الحد الأدنى والأقصى لمدة الضوء الأخضر - لمنع

المجاعة

عمل الخوارزمية

عند تشغيل الخوارزمية لأول مرة، يتم تعيين الوقت الافتراضي للإشارة الأولى من الدورة الأولى ويتم تعيين أوقات جميع الإشارات الأخرى للدورة الأولى وجميع إشارات الدورات اللاحقة بواسطة الخوارزمية. يتم بدء تشغيل خيط منفصل يتعامل مع اكتشاف المركبات لكل اتجاه ويتعامل الخيط الرئيسي مع مؤقت الإشارة الحالية. عندما يصل مؤقت الضوء الأخضر للإشارة الحالية (أو مؤقت الضوء الأحمر للإشارة التالية) إلى 0 ثانية، تأخذ خيوط الكشف لقطة للاتجاه التالي. ثم يتم تحليل النتيجة ويتم تعيين مؤقت الإشارة الخضراء التالية. يحدث كل هذا في الخلفية بينما يقوم الخيط الرئيسي بالعد التنازلي لمؤقت الإشارة الخضراء الحالية. يسمح هذا بتعيين المؤقت بسلاسة وبالتالي يمنع أي تأخير. بمجرد أن يصبح المؤقت الأخضر للإشارة الحالية صفرًا، تصبح الإشارة التالية خضراء للمدة الزمنية التي تحددها الخوارزمية.

يتم التقاط الصورة عندما يكون زمن الإشارة الخضراء التالية 0ثانية. هذا يمنح النظام 5ثواني (ما يعادل قيمة مؤقت الإشارة الصفراء) لمعالجة الصورة. وتحديد عدد المركبات من كل فئة، وحساب زمن الإشارة الخضراء، وضبط أوقات هذه الإشارة، بالإضافة إلى زمن الإشارة الحمراء للإشارة التالية. ولتحديد الزمن الأمثل للإشارة الخضراء بناءً على عدد مركبات كل فئة عند كل إشارة، استُخدم متوسط سرعات المركبات عند الانطلاق وأوقات تسارعها، ومن ثم تقدير متوسط الزمن الذي تستغرقه كل فئة من المركبات لعبور التقاطع. ثم يُحسب زمن الإشارة الخضراء باستخدام الصيغة أدناه.

$$GST = \frac{\sum_{vehicleClass} (NoOfVehicles_{vehicleClass} * AverageTime_{vehicleClass})}{(NoOfLanes + 1)}$$

أين:

GST • هو وقت الإشارة الخضراء noOfVehiclesOfClass • هو عدد المركبات من كل فئة من المركبات في

الإشارة كما تم اكتشافها بواسطة وحدة اكتشاف المركبات، averageTimeOfClass • هو متوسط الوقت الذي تستغرقه المركبات من تلك الفئة لعبور التقاطع، و

noOfLanes • هو عدد المسارات في التقاطع.

يمكن تحديد متوسط الوقت الذي تستغرقه كل فئة من المركبات لعبور التقاطع بناءً على موقعها، سواءً على مستوى المنطقة، أو المدينة، أو المنطقة، أو حتى على مستوى التقاطع، وذلك بناءً على خصائص التقاطع، وذلك لزيادة فعالية إدارة حركة المرور. ويمكن تحليل بيانات هياكل النقل المعنية لهذا الغرض.

تتغير الإشارات دوريًا، وليس بالاتجاه الأكثر كثافةً أولًا. وهذا يتوافق مع النظام الحالي، حيث تتحول الإشارات إلى اللون الأخضر واحدة تلو الأخرى بنمط ثابت، دون الحاجة إلى تغيير السائقين لسلوكهم أو التسبب في أي ارتباك. ويطابق ترتيب الإشارات النظام الحالي، وقد أُخذت الإشارات الصفراء في الاعتبار أيضًا.

ترتيب الإشارات: الأحمر □ الأخضر □ الأصفر □ الأحمر

فيما يلي بعض الصور لإخراج خوارزمية تبديل الإشارة:

```

GREEN TS 1 -> r: 0  y: 5  g: 20
RED TS 2 -> r: 25  y: 5  g: 20
RED TS 3 -> r: 150 y: 5  g: 20
RED TS 4 -> r: 150 y: 5  g: 20

GREEN TS 1 -> r: 0  y: 5  g: 19
RED TS 2 -> r: 24  y: 5  g: 20
RED TS 3 -> r: 149 y: 5  g: 20
RED TS 4 -> r: 149 y: 5  g: 20

GREEN TS 1 -> r: 0  y: 5  g: 18
RED TS 2 -> r: 23  y: 5  g: 20
RED TS 3 -> r: 148 y: 5  g: 20
RED TS 4 -> r: 148 y: 5  g: 20

GREEN TS 1 -> r: 0  y: 5  g: 17
RED TS 2 -> r: 22  y: 5  g: 20
RED TS 3 -> r: 147 y: 5  g: 20
RED TS 4 -> r: 147 y: 5  g: 20

GREEN TS 1 -> r: 0  y: 5  g: 16
RED TS 2 -> r: 21  y: 5  g: 20
RED TS 3 -> r: 146 y: 5  g: 20
RED TS 4 -> r: 146 y: 5  g: 20

GREEN TS 1 -> r: 0  y: 5  g: 15
RED TS 2 -> r: 20  y: 5  g: 20
RED TS 3 -> r: 145 y: 5  g: 20
RED TS 4 -> r: 145 y: 5  g: 20

GREEN TS 1 -> r: 0  y: 5  g: 14
RED TS 2 -> r: 19  y: 5  g: 20
RED TS 3 -> r: 144 y: 5  g: 20
RED TS 4 -> r: 144 y: 5  g: 20

```

(i) في البداية، يتم تحميل جميع الإشارات بالقيم الافتراضية، ويتم ضبط وقت الإشارة الحمراء للإشارة الثانية فقط وفقاً للوقت الأخضر والوقت الأصفر للإشارة الأولى.

```

GREEN TS 1 -> r: 0  y: 5  g: 1
RED TS 2 -> r: 6  y: 5  g: 20
RED TS 3 -> r: 131 y: 5  g: 20
RED TS 4 -> r: 131 y: 5  g: 20

YELLOW TS 1 -> r: 0  y: 5  g: 0
RED TS 2 -> r: 5  y: 5  g: 20
RED TS 3 -> r: 130 y: 5  g: 20
RED TS 4 -> r: 130 y: 5  g: 20

YELLOW TS 1 -> r: 0  y: 4  g: 0
RED TS 2 -> r: 4  y: 5  g: 20
RED TS 3 -> r: 129 y: 5  g: 20
RED TS 4 -> r: 129 y: 5  g: 20

Green Time: 9
YELLOW TS 1 -> r: 0  y: 3  g: 0
RED TS 2 -> r: 3  y: 5  g: 10
RED TS 3 -> r: 128 y: 5  g: 20
RED TS 4 -> r: 128 y: 5  g: 20

YELLOW TS 1 -> r: 0  y: 2  g: 0
RED TS 2 -> r: 2  y: 5  g: 10
RED TS 3 -> r: 127 y: 5  g: 20
RED TS 4 -> r: 127 y: 5  g: 20

YELLOW TS 1 -> r: 0  y: 1  g: 0
RED TS 2 -> r: 1  y: 5  g: 10
RED TS 3 -> r: 126 y: 5  g: 20
RED TS 4 -> r: 126 y: 5  g: 20

RED TS 1 -> r: 150 y: 5  g: 20
GREEN TS 2 -> r: 0  y: 5  g: 10
RED TS 3 -> r: 15  y: 5  g: 20
RED TS 4 -> r: 125 y: 5  g: 20

RED TS 1 -> r: 149 y: 5  g: 20
GREEN TS 2 -> r: 0  y: 5  g: 9
RED TS 3 -> r: 14  y: 5  g: 20
RED TS 4 -> r: 124 y: 5  g: 20

```

(ii): يُظهر العمود الأيسر حالة الإشارة (أحمر، أصفر، أو أخضر)، متبوعًا برقم إشارة المرور، ومؤقتات الأحمر والأصفر والأخضر الحالية للإشارة. هنا، تتغير إشارة المرور (TS 1) من الأخضر إلى الأصفر. مع بدء العد التنازلي للمؤقت الأصفر، تُحسب نتائج خوارزمية كشف المركبات، ويُعاد زمن أخضر قدره 9 ثوانٍ لـ TS 2. ولأن هذه القيمة أقل من الحد الأدنى للزمن الأخضر وهو 10 ثوانٍ، يُضبط زمن الإشارة الخضراء لـ TS 2 على 10 ثوانٍ. عندما يصل زمن الأصفر لـ TS 1 إلى 0، يتحول TS 1 إلى الأحمر ويتحول TS 2 إلى الأخضر، ويستمر العد التنازلي. كما يُحدَّث زمن الإشارة الحمراء لـ TS 3 كمجموع زمن الأصفر والأخضر لـ TS 2، وهو $5 + 10 = 15$.

```

GREEN TS 1 -> r: 0  y: 5  g: 1
RED TS 2 -> r: 6  y: 5  g: 20
RED TS 3 -> r: 119 y: 5  g: 20
RED TS 4 -> r: 134 y: 5  g: 20

YELLOW TS 1 -> r: 0  y: 5  g: 0
RED TS 2 -> r: 5  y: 5  g: 20
RED TS 3 -> r: 118 y: 5  g: 20
RED TS 4 -> r: 133 y: 5  g: 20

YELLOW TS 1 -> r: 0  y: 4  g: 0
RED TS 2 -> r: 4  y: 5  g: 20
RED TS 3 -> r: 117 y: 5  g: 20
RED TS 4 -> r: 132 y: 5  g: 20

Green Time: 25
YELLOW TS 1 -> r: 0  y: 3  g: 0
RED TS 2 -> r: 3  y: 5  g: 25
RED TS 3 -> r: 116 y: 5  g: 20
RED TS 4 -> r: 131 y: 5  g: 20

YELLOW TS 1 -> r: 0  y: 2  g: 0
RED TS 2 -> r: 2  y: 5  g: 25
RED TS 3 -> r: 115 y: 5  g: 20
RED TS 4 -> r: 130 y: 5  g: 20

YELLOW TS 1 -> r: 0  y: 1  g: 0
RED TS 2 -> r: 1  y: 5  g: 25
RED TS 3 -> r: 114 y: 5  g: 20
RED TS 4 -> r: 129 y: 5  g: 20

RED TS 1 -> r: 150 y: 5  g: 20
GREEN TS 2 -> r: 0  y: 5  g: 25
RED TS 3 -> r: 30 y: 5  g: 20
RED TS 4 -> r: 128 y: 5  g: 20

RED TS 1 -> r: 149 y: 5  g: 20
GREEN TS 2 -> r: 0  y: 5  g: 24
RED TS 3 -> r: 29 y: 5  g: 20
RED TS 4 -> r: 127 y: 5  g: 20

```

(ثالثًا): بعد دورة كاملة، يتحول لون TS 1 من الأخضر إلى الأصفر. مع بدء العد التنازلي للمؤقت الأصفر، تُعالج نتائج خوارزمية كشف المركبات، ويُحسب زمن أخضر قدره 25 ثانية لـ TS 2. ولأن هذه القيمة أكبر من الحد الأدنى للزمن الأخضر وأقل من الحد الأقصى، يُضبط زمن الإشارة الخضراء لـ TS 2 على 25 ثانية. عندما يصل الزمن الأصفر لـ TS 1 إلى 0، يتحول لون TS 1 إلى الأحمر TS 2 وإلى الأخضر، ويستمر العد التنازلي. كما يُحدَّث زمن الإشارة الحمراء لـ TS 3 بمجموع زمني الأصفر والأخضر لـ TS 2، أي $5 + 25 = 30$.

وحدة المحاكاة

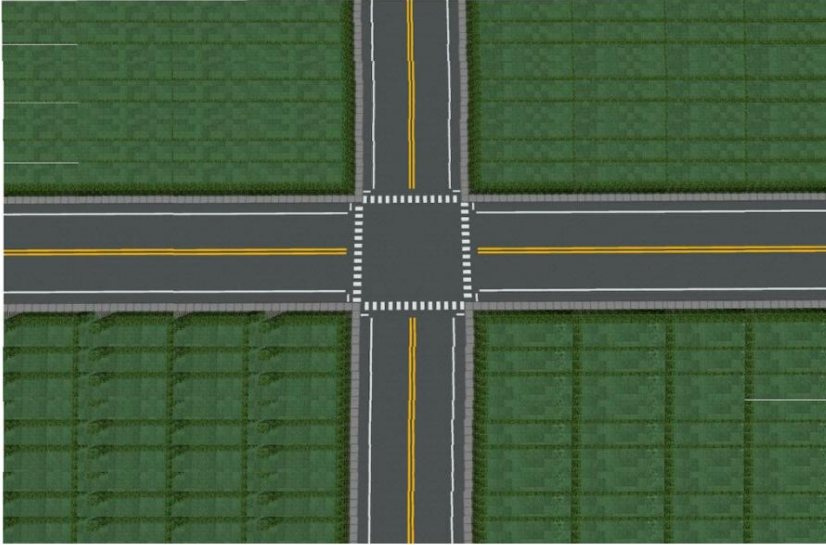
تم تطوير محاكاة من الصفر باستخدام برنامج Pygame لمحاكاة حركة المرور في الواقع. تساعد هذه المحاكاة في تصوّر النظام ومقارنته بالنظام الثابت الحالي. يحتوي البرنامج على تقاطع رباعي الاتجاهات مع أربع إشارات مرورية. كل إشارة مزودة بمؤقت يوضح الوقت المتبقي لتبديل الإشارة من الأخضر إلى الأصفر، أو من الأصفر إلى الأحمر، أو من الأحمر إلى الأخضر. كما يعرض بجانب كل إشارة عدد المركبات التي عبرت التقاطع. تدخل المركبات، مثل السيارات والدراجات والحافلات والشاحنات وعربات الركشة، من جميع الاتجاهات. ولجعل المحاكاة أكثر واقعية، تنعطف بعض المركبات في أقصى المسار الأيمن لعبور التقاطع.

يتم أيضًا تحديد ما إذا كانت السيارة ستدور أم لا باستخدام أرقام عشوائية عند إنشاء السيارة.

ويحتوي أيضًا على مؤقت يعرض الوقت المنقضي منذ بدء المحاكاة

الخطوات الرئيسية في تطوير المحاكاة

1. التقطت صورة لتقاطع رباعي الاتجاهات كخلفية.



2. تم تجميع صور من أعلى للسيارة والدراجة والحافلة والشاحنة وعربة الريكشا.

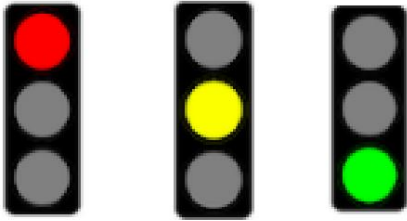
3. تغيير حجمها.



4. قم بتدويرها للعرض في اتجاهات مختلفة.



5. تم تجميع صور لإشارات المرور -الحمراء والأصفر والأخضر.



6. الكود: لعرض الصورة المناسبة للإشارة اعتمادًا على ما إذا كانت حمراء، أخضر أو أصفر.

7. الكود: لعرض وقت الإشارة الحالي أي الوقت المتبقي للإشارة الخضراء للانقطاع.

إشارة صفراء أو حمراء للتحويل إلى اللون الأخضر، أو إشارة صفراء للتحويل إلى اللون الأحمر. يُضبط وقت الإشارة الخضراء وفقًا لخوارزمية، مع مراعاة عدد المركبات عند الإشارة. وتُحدَّث أوقات الإشارة الحمراء للإشارات الأخرى وفقًا لذلك.

8. توليد المركبات حسب الاتجاه، والمسار، وفئة المركبة، وإمكانية انعطافها، كلها مُحددة بواسطة متغيرات عشوائية. يمكن التحكم في توزيع المركبات بين الاتجاهات الأربعة.

يتم توليد مركبة جديدة وإضافتها إلى المحاكاة كل ٧٥ ثانية.

9. الكود: بالنسبة لكيفية تحرك المركبات، فإن كل فئة من المركبات لها سرعة مختلفة، وهناك فجوة بين سيارتين، إذا كانت السيارة تتبع حافلة، فسيتم تقليل سرعتها حتى لا تصطدم بالحافلة.

10. التعليمات: لمعرفة كيفية تفاعلهم مع إشارات المرور، مثل: التوقف عند الأصفر والأحمر، والتحرك عند الأخضر. إذا تجاوزوا خط التوقف، فعليهم مواصلة التحرك حتى تتحول الإشارة إلى الأصفر.

11. الكود: لعرض عدد المركبات التي عبرت الإشارة.

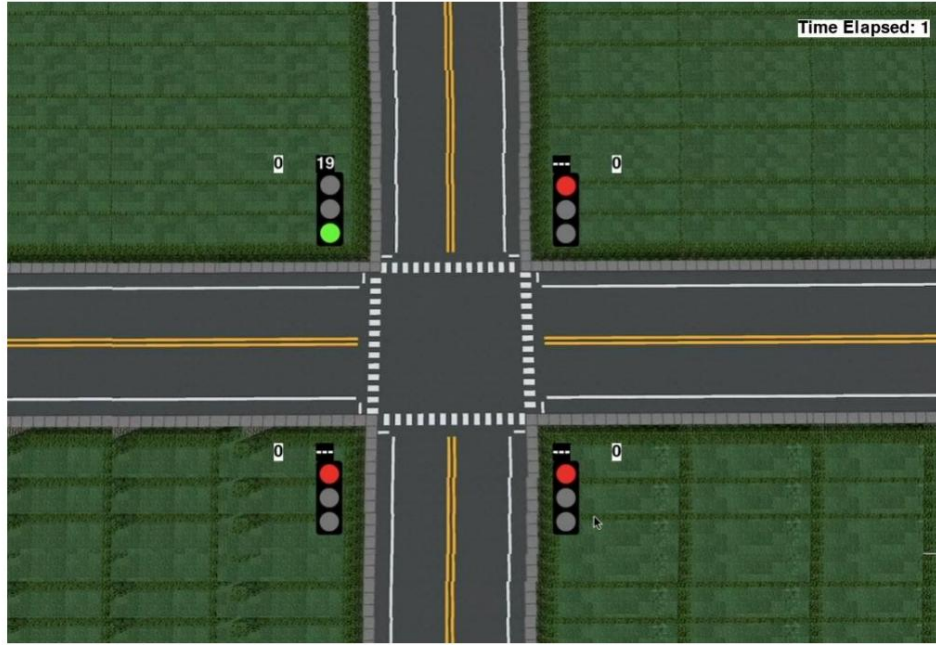
12.الكود: لعرض الوقت المنقضي منذ بدء المحاكاة.

13.الكود: لتحديث الوقت المنقضي أثناء تقدم المحاكاة والخروج عندما يصبح الوقت المنقضي مساويًا لوقت المحاكاة المطلوب، ثم طباعة البيانات التي سيتم استخدامها للمقارنة والتحليل.

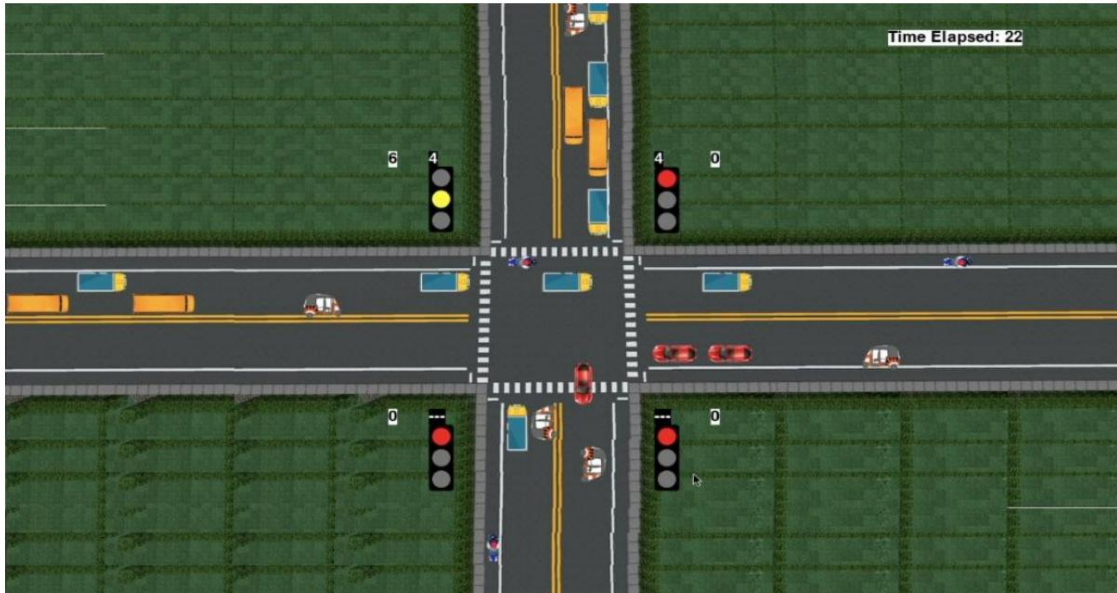
14.لجعل المحاكاة أقرب إلى الواقع، على الرغم من وجود مسارين فقط في الصورة، نضيف مسارًا آخر إلى يسار هذا المسار مخصصًا للدراجات فقط، وهو ما يحدث عادةً في العديد من المدن.

15.المركبات تدور وتعبّر التقاطع في المحاكاة لجعلها أكثر واقعية.

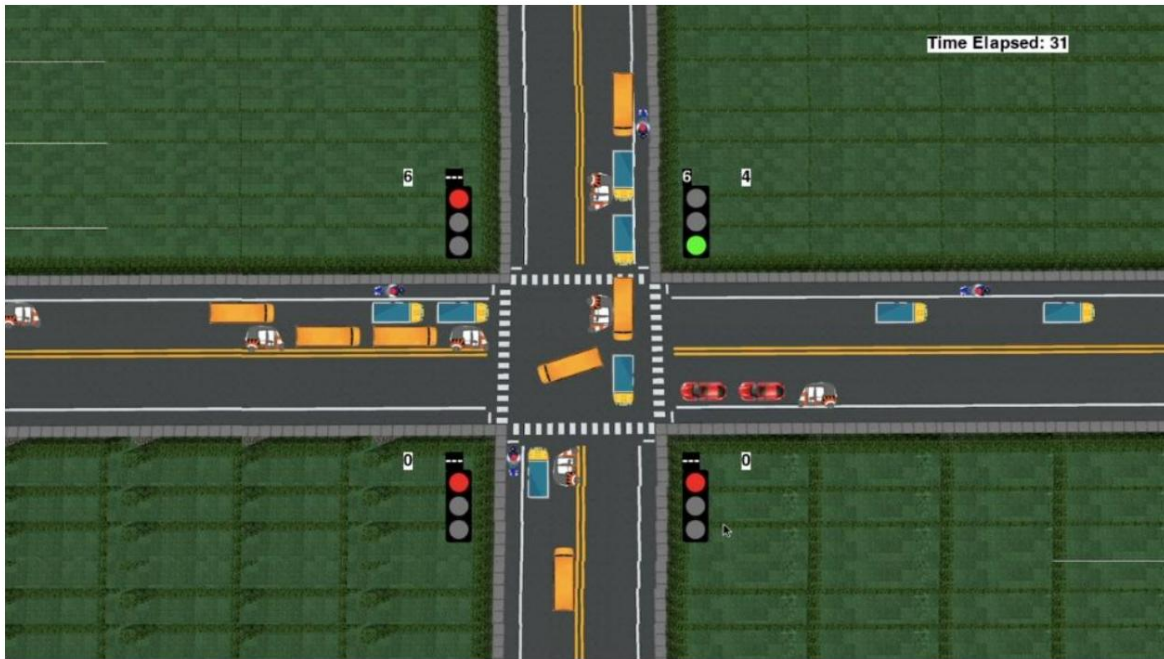
وفيما يلي بعض الصور للمحاكاة النهائية:



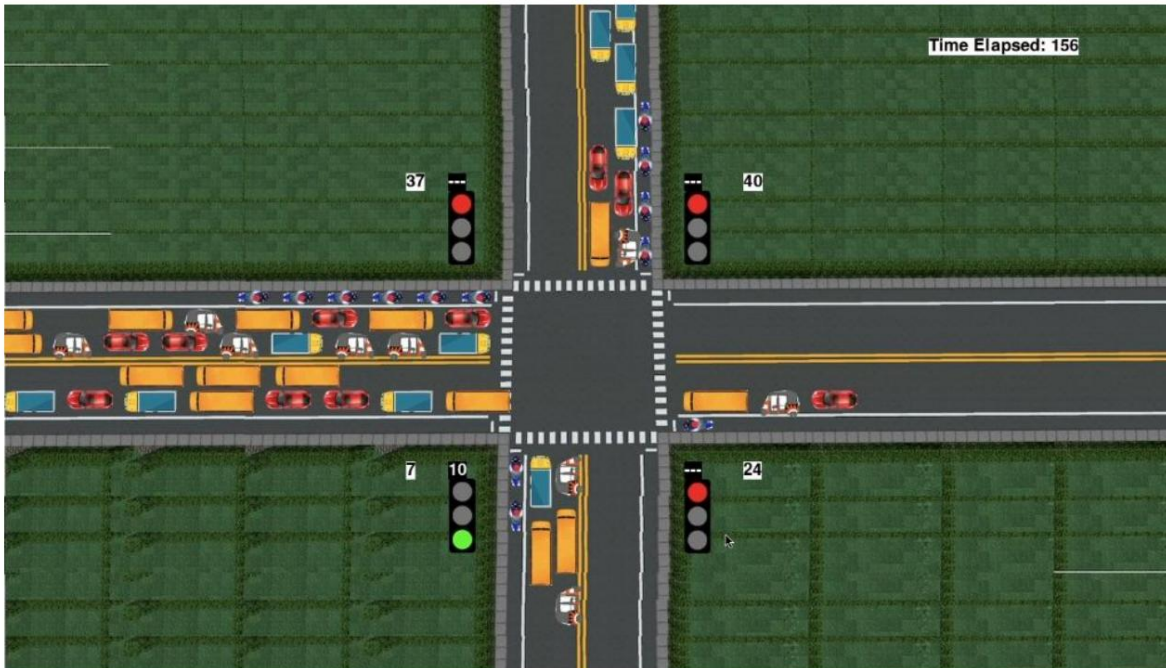
(i): تُظهر المحاكاة بعد بدء التشغيل مباشرةً إشارات حمراء وخضراء، ووقت الإشارة الخضراء تنازليًا من القيمة الافتراضية 20، ووقت الإشارة الحمراء فارغة التالية. عندما تكون الإشارة حمراء، نعرض قيمة فارغة حتى تصل إلى 10 ثواني. يظهر عدد المركبات التي عبرت بجانب الإشارة، وجميعها صفر في البداية. يظهر الوقت المنقضي منذ بدء المحاكاة في أعلى اليمين.



(ثانيًا): محاكاة تُظهر وقت الإشارة الصفراء والحمراء للإشارة التالية. عندما يكون وقت الإشارة الحمراء أقل من 10 ثواني، يُعرض مؤقت العد التنازلي لتمكين المركبات من الانطلاق والاستعداد للتحرك بمجرد أن تتحول الإشارة إلى اللون الأخضر.



(ثالثًا): محاكاة تُظهر المركبات وهي تنعطف



(iv): محاكاة تُظهر زمن الإشارة الخضراء للمركبات المتجهة لأعلى، مضبوطًا على 10 ثوانٍ حسب المركبات في ذلك الاتجاه. كما نرى، عدد المركبات هنا أقل بكثير مقارنةً بالمسارات الأخرى. مع النظام الثابت الحالي، كان زمن الإشارة الخضراء سيكون متساويًا لجميع الإشارات، أي 30 ثانية تقريبًا. ولكن في هذه الحالة، كان معظم هذا الوقت سيضيع سدى. لكن نظامنا التكييفي يكتشف وجود عدد قليل من المركبات، ويضبط زمن الإشارة الخضراء بناءً على ذلك، وهو 10 ثوانٍ في هذه الحالة.



(v): محاكاة تظهر الوقت الأخضر للإشارة للمركبات التي تتحرك إلى اليمين مضبوطًا على 33 ثانية وفقًا للمركبات في هذا الاتجاه.



(vi): محاكاة تظهر الوقت الأخضر للإشارة للمركبات التي تتحرك إلى اليسار مضبوطًا على 24 ثانية وفقًا للمركبات في ذلك الاتجاه.