

بناء نظام تحكم ومراقبة بإشارات المرور باستخدام المتحكم PLC ونظام التحكم الإشرافي SCADA

الدكتور ربيع حبيب*

الدكتور محسن داود**

رانية ريس***

(تاريخ الإيداع 2 / 2 / 2014. قُبِلَ للنشر في 7 / 8 / 2014)

□ ملخص □

نواجه في حياتنا اليومية مشكلة الاختناقات المرورية وما يترتب على ذلك من ضياع في الوقت والطاقات، حيث تعمل إشارات المرور وفقاً لأنظمة التحكم التقليدي لعقدة مرورية بأزمنة ثابتة وتتابع ثابت. يقترح البحث خوارزمية جديدة للتحكم المبرمج بإشارات المرور، حيث تعمل بأزمنة متغيرة وتتابع متغير حسب حجم الكثافة المرورية. يتم تحصيل بيانات الحركة المرورية (عدد السيارات - الكثافة - التدفق) باستخدام الحساسات الحلقية (Loop Detectors) الموزعة عند كل إشارة، تُنقل هذه البيانات إلى المتحكم المنطقي القابل للبرمجة PLC الذي يقوم بمعالجتها وإصدار الأوامر اللازمة، ويتصل المتحكم بدوره مع نظام التحكم الإشرافي SCADA الذي يؤمن إمكانية مراقبة سير العمل للعقد المرورية، إضافة إلى إمكانية التحكم الأوتوماتيكي والتحكم اليدوي بالإشارات.

يقوم النظام المقترح بالربط بين عقدتين عن طريق تطبيق خاصية الموجة الخضراء (Green Wave) بالاعتماد على السرعة الفعلية للسيارات، وإعطاء أولوية المرور لسيارات الطوارئ التي يتم الكشف عنها باستخدام الحساس الحلقي ومقاطعة عمل البرنامج بشكل فوري لفتح الإشارة المطلوبة.

تم اختبار نظام التحكم والمراقبة المقترح من خلال أخذ بيانات عقدة مرورية تعمل في نظام التحكم التقليدي ومقارنتها بالنتائج التي يعطيها البرنامج، وقد أظهرت النتائج أنه تم تقليل أزمنة فتح الإشارات، وزمن الدورة الكلية، وزمن الانتظار غير المرغوب به على كل إشارة بشكل كبير، وبالتالي تم تخفيض حجم الاختناقات المرورية عند كل عقدة.

الكلمات المفتاحية: الاختناقات المرورية، نظام التحكم المبرمج، الحساس الحلقي، نظام المراقبة SCADA، الموجة الخضراء.

*أستاذ مساعد - قسم هندسة الميكاترونك - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

** أستاذ - قسم هندسة الميكاترونك - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

*** ماجستير - الهندسة الميكانيكية والكهربائية اختصاص ميكاترونك - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

Implementing a Control and Supervisory System for Traffic Lights Using PLC and SCADA System

Dr. Rabie Habib*
Dr. Mohsen Daoud**
Rania Rayyes***

(Received 2 / 2 / 2014. Accepted 7 / 8 / 2014)

□ ABSTRACT □

Traffic jam is a serious problem in our life. It causes waste of time and energy. Conventional traffic light control system works with a fixed time and fixed cycle. This paper proposes an intelligent traffic light control system with a changeable green time and cycle depending on traffic density. Traffic parameters (cars' numbers, density, flow) are collected by Loop Detectors located at each traffic signal. This data will be transmitted to the PLC controller. Then, PLC processes this data to produce controlling commands. It is also connected to a SCADA system which supervises the process and provides an automatic and manual control.

The proposal system applies Green Wave method to connect between two junctions based on a real car velocity and sets priority for emergency car. When Loop Detector detects this car, the program will be interrupted to open the traffic light needed.

This intelligent system is experimented with conventional control system s' data. The obtained result is promising. It can reduce the green time, cycle time, and delayed time of each car at traffic light to its' minimum value.

Keywords: Traffic Jam, Intelligent control system, Loop Detector, SCADA System, Green Wave.

*Associate Professor- Mechatronic Department- Mechanical and Electrical Engineering Faculty– Tishreen University – Lattakia.

**Professor - Mechatronic Department- Mechanical and Electrical Engineering Faculty – Tishreen University – Lattakia.

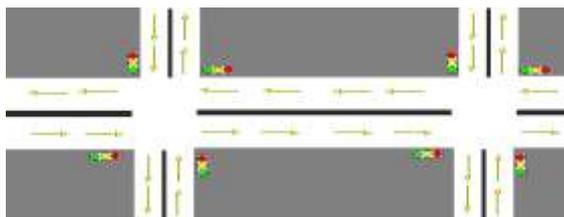
***Master degree - Mechanical and Electrical Engineering in the specialty of Mechatronics - Mechanical and Electrical Engineering Faculty – Tishreen University – Lattakia.

مقدمة:

مع تطور وازدياد وسائل النقل داخل المدن، لم تعد إشارات المرور التقليدية التي تعمل بأزمنة ثابتة وتتابع ثابت مناسبة لتغيرات الحركة المرورية، مما سبب زيادة زمن النقل والانتظار غير المرغوب به، وزيادة كمية الوقود المستهلك وضياح القوة الإنتاجية لمستخدمي الطرق نتيجة حدوث الاختناقات المرورية، وما يترتب على ذلك من أعباء اقتصادية واجتماعية وبيئية داخل المدن، حيث أن 70 % من تلوث الهواء سببه الحركة الدائمة لوسائل النقل داخل المدن [1]. كما تعاني المدن من ظاهرة الضباب الدخاني "SMOG" الناتجة من الاحتراق غير التام للوقود في محركات السيارات ووسائل النقل الأخرى، كما يتعرض سكان المدن إلى الضوضاء الناجمة عن الحركة المرورية بما يتجاوز 65 ديسيبل (Decibel) [2]. لذا كان لابد من إيجاد نظام تحكم ذكي بإشارات المرور يستطيع مواكبة متطلبات الحركة المرورية والاستجابة لتغيراتها ويساهم في الحد من حجم الاختناقات المرورية وآثارها السلبية.

أهمية البحث وأهدافه:

تكمن أهمية البحث في بناء نظام تحكم ذكي بإشارات المرور يستطيع الاستجابة لمتطلبات وتغيرات الحركة المرورية، بتحديد أفضلية تتابع فتح وإغلاق الإشارات المرورية، وأزمنتها وفقاً لأهمية الطريق وعدد السيارات المتواجدة عند كل إشارة، كما يحقق هذا النظام خاصية الموجة الخضراء "Green Wave" التي تسمح باستمرار تدفق الحركة المرورية على عدة تقاطعات لطريق رئيسي في اتجاه واحد. وبالتالي يهدف النظام المقترح إلى تخفيض حجم الاختناقات المرورية، وتقليل أزمدة الضياعات والتوقفات والانتظار غير المرغوب به على إشارات المرور، مما يساهم في تخفيض استهلاك الوقود والحد من التلوث البيئي، كما يهدف البحث إلى تخديم سيارات الطوارئ بإعطائها أفضلية المرور.

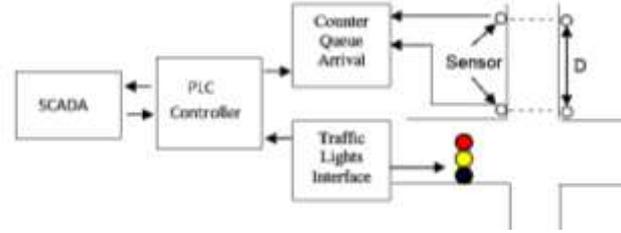
طرائق البحث ومواده:**1. النموذج المروري المقترح:**

يبين الشكل (1) النموذج المروري المقترح والذي ينصف بالبارامترات الآتية:

1. تقاطعان على شكل إشارة "+".
2. أربع إشارات ضوئية (ثلاثية الطور) عند كل تقاطع.
3. بتطبيق قاعدة اليمين المفتوح دون التقييد بالإشارة.
4. المسافة بين التقاطعين 45 m.
5. الحركة المرورية في ثلاثة اتجاهات (يمين - أمام - يسار) عند كل إشارة ضوئية.
6. كل تقاطع عبارة عن (طريق رئيسي خارج من المدينة، طريق رئيسي داخل إلى المدينة، طريقين فرعيين).
7. خوارزمية محددة لتعاقب فتح وإغلاق الإشارات الضوئية وفقاً لحجم الكثافة المرورية وأولوية الطريق.

2. نظام التحكم المقترح:

يبين الشكل (2) المخطط العام لنظام التحكم المقترح بإشارات المرور الذي يوضح وصل الحساسات على مداخل المتحكم ووصل الإشارات المرورية على مخارج المتحكم حيث يتألف من:

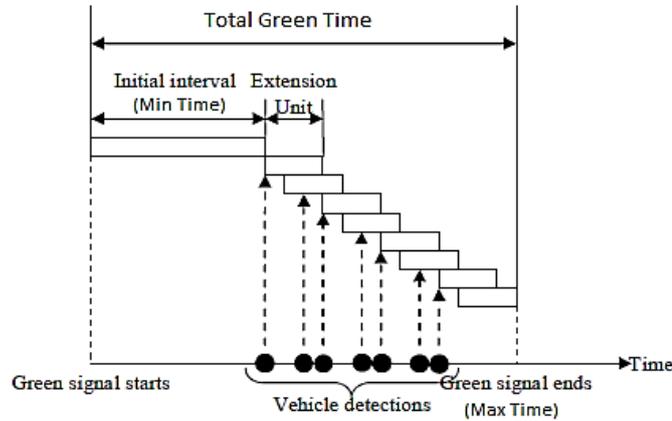


الشكل (2) المخطط العام لنظام التحكم المقترح بإشارات المرور.

1. مجموعة من الحساسات لمعرفة بارامترات الحركة المرورية (عدد السيارات، الكثافة، التدفق ...).
 2. المتحكم (PLC) تنقل إليه البيانات المطلوبة ويقوم بإصدار أوامر التحكم اللازمة.
 3. نظام المراقبة (SCADA) .
3. طرق البحث:

يعتمد نظام التحكم المقترح على ما يلي:

1. حساب حجم الكثافة المرورية عند كل إشارة من التقاطع، وذلك بوضع حساسين حلقيين (Loop Detector) الأول على بعد D من الإشارة والثاني عند خط التوقف (Stop Line) وهو الخط الذي تعبره السيارات عند اجتيازها الإشارة كما هو مبين في الشكل (2)، لحساب الكثافة المرورية عند كل إشارة [4,3].
2. تعمل إشارات المرور للتقاطع وفق تتابع متغير، تحديد أفضلية فتح الإشارات حسب عدد السيارات وأولوية الطريق، كما يتم تجاهل الإشارة الخالية من السيارات للحد من زمن الانتظار على باقي الإشارات.
3. تحديد بزمن فتح كل إشارة تبعاً لحجم الكثافة المرورية عندها، ويقسم كما هو مبين في الشكل (3).



الشكل (3) زمن الطور الأخضر لإشارة المرور

الزمن الأصغري Min Time اللازم لتفريغ الرتل المتبقي من الدورة السابقة، و **زمن العبور Passage Time** اللازم لقطع المسافة D الفاصلة بين الحساسين تضاف إلى زمن تشغيل الطور الأخضر عند عبور سيارات إضافية للحساس الأول قبل انتهاء زمن الأخضر المحدد، و**الزمن الأعظمي Max Time** لفتح الإشارة والذي يحدد بـ 60 sec للطرق الرئيسية و 40 sec للطرق الفرعية [5]، وبالتالي فإن زمن فتح الإشارة يحدد وفق ما يلي:

عند فتح الإشارة فإن الصف الأول المتوقف عند الإشارة يحتاج إلى زمن τ لعبور الإشارة يعطى بالعلاقة (1):

$$(1) \tau = 0.4 \sim 0.6 \text{ sec}$$

ويعطى الفاصل الزمني الوسطي لتفريغ باقي الصفوف $\overline{\Delta\tau}$ لكل صف وفق العلاقة (2) [5]:

$$(2) \overline{\Delta\tau} = 1.15 \sim 2 \text{ sec}$$

من الجدول (1) نختار المسافة الفاصلة بين الحساسين $D = 30 \text{ m}$ ، السرعة الوسطية داخل المدينة وفق البيانات المأخوذة من مديرية النقل في مدينة اللاذقية $v_t = 48 \text{ km/h} = 13 \text{ m/sec}$ ، وطول المركبة الوسطية $\overline{l_{car}} = 4.5 \text{ m}$ فإنه يمكن حساب عدد الصفوف الأعظمية n_r عند الإشارة وفق العلاقة (3) [3]

$$(3) n_r = \frac{D}{\overline{l_{car}}} = \frac{30}{4.5} = 6$$

في أوقات الذروة يتم حساب الزمن اللازم لتفريغ الإشارة عند امتلاء المسافة بين الحساسين من العلاقة

(4) [5]:

$$(4) T_{min} = \tau + \overline{\Delta\tau}(n_r - 1) = 0.6 + 2 \times 5 = 10.6 \text{ sec}$$

وبالمقارنة مع الجدول (1) يكون: $T_{min} = 12 \text{ sec}$

وبالتالي يحسب زمن العبور T_p الذي تستغرقه السيارة لعبور المسافة D من العلاقة (5):

$$(5) T_p = \frac{D}{v_t} = \frac{30}{13} = 2.3 \text{ sec}$$

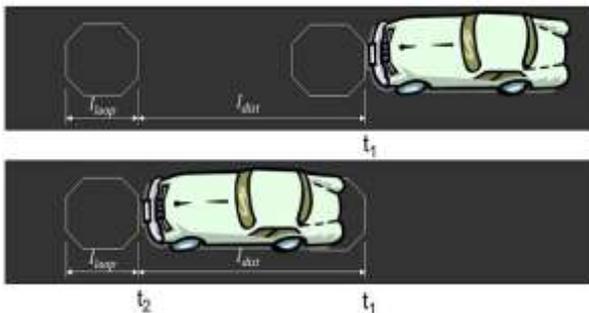
وبالمقارنة مع الجدول (1) يكون زمن العبور $T_p = 3 \text{ sec}$

الجدول (1) اختيار البعد بين الحساسين [5].

السرعة المتوسطة كم/سا	المسافة الفاصلة بين خط التوقف والحساس الحلقي متر	زمن الطور الأخضر الأصغري ثانية	زمن العبور ثانية
24	12	8	2.5
32	18	9	2.5
40	24	11	3.0
48	30	12	3.0
56	41	14	3.5
64	52	16	3.5

4. استخدام خاصية الموجة الخضراء (Green Wave)

Wave) لربط عقدتين مرورتين أو أكثر على الطريق الرئيسي الداخل إلى المدينة، حيث تتابع الإشارات الضوئية الخضراء من عقدة إلى أخرى دون أن تجد المركبة في طريقها إشارة حمراء [6]. تحسب سرعة سيارات الصف

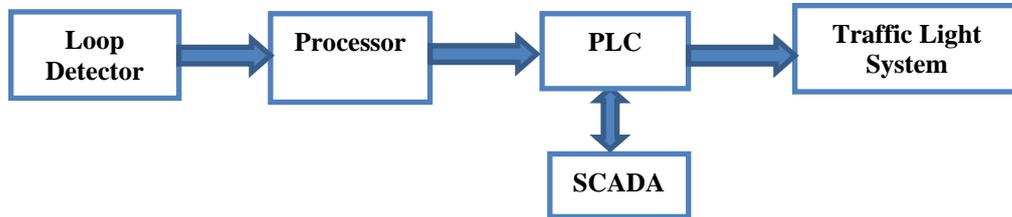


الشكل (4) استخدام حساس Loop Detector لحساب سرعة

الأمامي فقط باعتبارها ستصل أولاً إلى الإشارة [7]، باستخدام حلقتي Loop detector متتاليتين البعد بينهما (4.9) m كما هو مبين في الشكل (4)، توصلان إلى الوحدة الإلكترونية للحساس التي توصل بدورها إلى المتحكم PLC [8,3].

5. استخدام برنامج SCADA لتصميم واجهات تتيح المراقبة والتحكم (أوتوماتيكي، يدوي) وتشغيل وإيقاف النظام.

6. الكشف عن سيارات الطوارئ وإعطائها أفضلية المرور عند التقاطعات، وذلك عن طريق تزويد تلك السيارات بجهاز مرسل يركب أسفل السيارة [3]، حيث يقوم هذا الجهاز بإرسال حزمة ترددات عالية يستقبلها الحساس الحلقي عند عبور السيارة، وتضاف حزمة الترددات العالية على الإشارة المتولدة في الوحدة الإلكترونية التي توصل إلى وحدة المعالجة (processor)، والتي تغل بدورها خرج المتحكم PLC ليتم فتح الإشارة المطلوبة بشكل أوتوماتيكي. يبين الشكل (5) المخطط الصندوقي لنظام الطوارئ.



الشكل (5) المخطط الصندوقي لنظام الطوارئ.



الشكل (6) PLC SIEMENS 314 IFM

7. استخدام متحكم (314 IFM) PLC-SIEMENS S300 مبين في الشكل (6) للتحكم باستقبال جميع الأوامر القادمة من المداخل المرتبطة به وإصدار كافة أوامر إلى المخارج. من مواصفات هذا المتحكم أنه يضم عشرين مدخلاً رقمياً وستة عشر مخرجاً رقمياً، يحقق موثوقية عالية، يحد من الكلفة الإقتصادية، توافقية هذا النوع من المتحكمات مع نظام SCADA. برمجته باستخدام برنامج SIMATIC STEP7 V5.5 بلغة Ladder [9].

8. بناء واجهات تطبيقية تتيح للمستخدم سهولة التحكم والمراقبة لسير العمليات بالشكل الصحيح من خلال نظام SCADA وذلك باستخدام برنامج SIMATIC WinCC Flexible 2008 SP3 من إنتاج شركة SIEMENS، حيث يتميز نظام SCADA بمجموعة من القدرات أهمها [10,11]:

1. إمكانية إعطاء الأوامر التنفيذية للمتحكمات والتدخل بسير العمل عند اللزوم.
2. إمكانية التعديل وإضافة الأيقونات المناسبة للواجهات وتصميم حركات مميزة تدل على حالة العمل.
3. مراقبة الأداء من خلال منحنيات بيانية (Trends) وسجلات المعلومات وإعطاء تقارير زمنية دورية.
4. مراقبة جودة نظام التحكم عن طريق قراءة البيانات الإحصائية لسير عملية التحكم.
5. وجود نظام أرشفة لكل البيانات التي مرت من خلال نظام SCADA مع تواريخ محددة بدقة، وهذا يعطي قدرة هائلة على التحقق من النتائج الحالية والقديمة للنظام المتحكم به والمقارنة بينها على شكل جداول ومنحنيات.
6. إظهار رسائل نصية ورسومية لإظهار سير العملية أو حالة الإنذار.

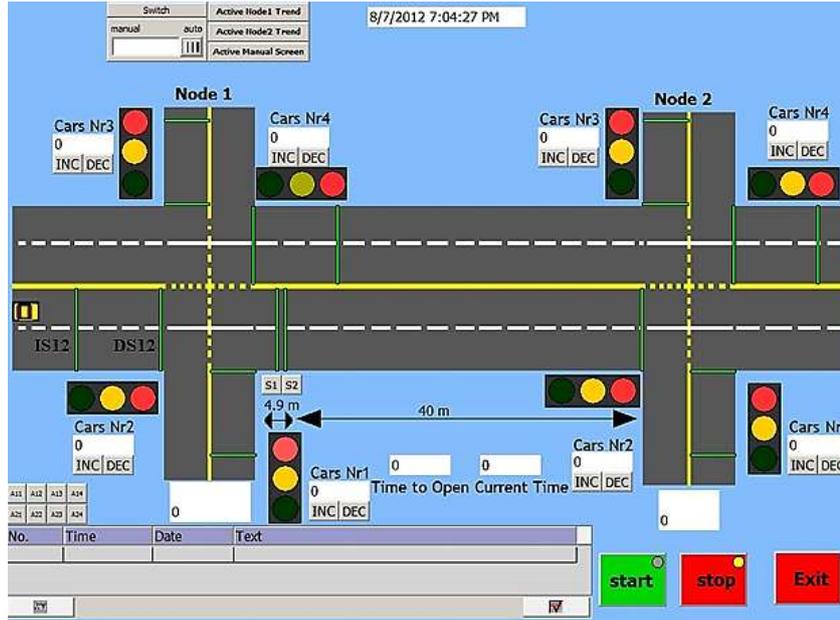
7. إمكانية التحكم إما عن طريق حاسب مركزي أو من خلال شاشات لمسية توصل مع وحدات التحكم المحلية.

8. تبادل المعلومات بين أماكن التحكم المختلفة من أجل تحليل البيانات.

4. واجهات نظام التحكم والمراقبة:

1. 4. الواجهة الرئيسية الأولى لنظام التحكم والمراقبة:

يبين الشكل (7) الواجهة الرئيسية الأولى، وهي تمثل واجهة التحكم الرئيسية بعقدتي مرور وتتألف من:



الشكل (7) واجهة التحكم الرئيسية بعقدتي المرور.

- زر البدء Start: لبدء تشغيل نظام التحكم PLC والمراقبة SCADA، زر التوقف Stop: لإيقاف التشغيل، زر الخروج Exit: لإنهاء برنامج المراقبة فقط، بينما يستمر المتحكم بعمله.
- مفتاح اختيار التحكم Switch: للتقل بين وضعيتين، التحكم اليدوي manual والتحكم الأوتوماتيكي auto.
- عقدتي المرور (Node 1, Node 2)،
- نسمي عناصر الواجهة بأسماء متحولات $Object_{n1n2}$ ، n_1 يمثل رقم العقدة و n_2 يمثل رقم الإشارة.
- عند كل إشارة يوجد حساسين - مثلاً- عند العقدة الأولى الإشارة الثانية، يمثل الحساس المسؤول عن عد السيارات القادمة إلى التقاطع بالكائن IS_{12} ، والحساس المسؤول عن عد السيارات التي تجتاز التقاطع DS_{12} ، يتصل IS_{12} مع مدخل المتحكم 10.3 وفقاً لبرمجة المتحكم PLC، الذي يتصل بدوره مع الدارة الإلكترونية للحساس Loop Detector، وعند مرور سيارة ضمن حلقة الحساس تعطي الدارة الإلكترونية نبضة على مدخل المتحكم PLC، ويتفعل 10.3 والذي يفعل بدوره IS_{12} ، ويصبح لونه أحمر دلالة على مرور سيارة.
- عدد السيارات Cars Nr: يمثل عدد السيارات المترام عند كل إشارة، وهو عدد السيارات بين الحساسين
- الرقم الموجود جانب الاسم يدل على رقم الإشارة -مثلاً- Cars Nr1 عدد السيارات عند الإشارة الأولى.
- S1,S2 موصولان مع المدخلين 12.0,12.1 بالترتيب وفقاً لبرمجة المتحكم PLC، ويتصلان مع قناتي الدارة الإلكترونية لحساس السرعة.

8. Time to Open يظهر الزمن اللازم لفتح الإشارة الثانية من العقدة الثانية التي تتحكم بالطريق الرئيسية حسب خاصية الموجة الخضراء (sec).

9. Current Time عداد يظهر الزمن الحالي بالثواني المتبقي لفتح الإشارة الثانية للعقدة الثانية.

10. Active Manual Screen لعرض واجهة التحكم اليدوي.

11. Active Node1 Trend لعرض المخططات البيانية للعقدة الأولى.

12. Active Node2 Trend لعرض المخططات البيانية للعقدة الثانية.

13. يظهر لدينا أعلى الشاشة الساعة والتاريخ.

4. 2. واجهة البارامترات (Parameters):

عند النقر على أية إشارة في الواجهة الرئيسية تظهر واجهة البارامترات المبينة في الشكل (8):

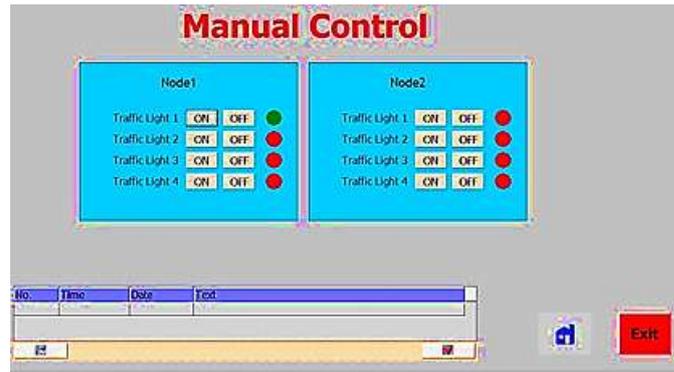
تبين الواجهة بارامترات كل إشارة من العقدة الأولى والثانية: Car Nr عدد السيارات عند كل إشارة، Max Time الزمن الأعظمي للطور الأخضر للإشارة (يمكن للمستخدم إدخاله)، Current Time يظهر الزمن الحالي للإشارة، Density الكثافة، Flow التدفق، Exit زر إنهاء البرنامج، Home زر العودة إلى الواجهة الرئيسية.

4. 3. واجهة التحكم اليدوي:

عند اختيار وضع التحكم اليدوي بواسطة الزر Switch من الواجهة الرئيسية للبرنامج تظهر واجهة التحكم اليدوي المبينة في الشكل (9). عند اختيار وضع التحكم اليدوي تغلق كافة الإشارات (تصبح حمراء) خلال زمن 2sec، ويتم من خلال هذه الواجهة التحكم يدوياً بالإشارات، حيث يمكن تفعيل (ON) أو إغلاق (OFF) أية إشارة، ويمكن فتح أكثر من إشارة في الوقت نفسه، مع وجود دائرة للدلالة على فتح الإشارة أو إغلاقها، حمراء OFF - خضراء ON، ترقم الإشارات بالترقيم ذاته الموجود في الواجهة الرئيسية. كما تحوي الواجهة زر إنهاء البرنامج Exit، وزر العودة إلى الواجهة الرئيسية Home، وبعد الانتقال للواجهة الرئيسية لمتابعة المراقبة في النظام اليدوي، يمكن العودة إلى واجهة التحكم اليدوي من خلال زر (Active Manual Screen) الموجود في الواجهة الرئيسية. يتم اختيار وضع التحكم اليدوي من أجل

Node1		Node2	
Traffic 1_1 Cars Nr	0	Traffic 2_1 Cars Nr	0
Traffic 1_1 Max Time (SEC)	60	Traffic 2_1 Max Time (SEC)	60
Traffic 1_1 Current Time (SEC)	0	Traffic 2_1 Current Time (SEC)	0
Traffic 1_1 Density (car/m)	0.00e+000	Traffic 2_1 Density (car/m)	0.00e+000
Traffic 1_1 Flow (car/sec)	0.00e+000	Traffic 2_1 Flow (car/sec)	0.00e+000
Traffic 1_2 Cars Nr	0	Traffic 2_2 Cars Nr	0
Traffic 1_2 Max Time (SEC)	60	Traffic 2_2 Max Time (SEC)	60
Traffic 1_2 Current Time (SEC)	0	Traffic 2_2 Current Time (SEC)	0
Traffic 1_2 Density (car/m)	0.00e+000	Traffic 2_2 Density (car/m)	0.00e+000
Traffic 1_2 Flow (car/sec)	0.00e+000	Traffic 2_2 Flow (car/sec)	0.00e+000
Traffic 1_3 Cars Nr	0	Traffic 2_3 Cars Nr	0
Traffic 1_3 Max Time (SEC)	60	Traffic 2_3 Max Time (SEC)	60
Traffic 1_3 Current Time (SEC)	0	Traffic 2_3 Current Time (SEC)	0
Traffic 1_3 Density (car/m)	0.00e+000	Traffic 2_3 Density (car/m)	0.00e+000
Traffic 1_3 Flow (car/sec)	0.00e+000	Traffic 2_3 Flow (car/sec)	0.00e+000
Traffic 1_4 Cars Nr	0	Traffic 2_4 Cars Nr	0
Traffic 1_4 Max Time (SEC)	60	Traffic 2_4 Max Time (SEC)	60
Traffic 1_4 Current Time (SEC)	0	Traffic 2_4 Current Time (SEC)	0
Traffic 1_4 Density (car/m)	0.00e+000	Traffic 2_4 Density (car/m)	0.00e+000
Traffic 1_4 Flow (car/sec)	0.00e+000	Traffic 2_4 Flow (car/sec)	0.00e+000

الشكل (8) واجهة البارامترات.

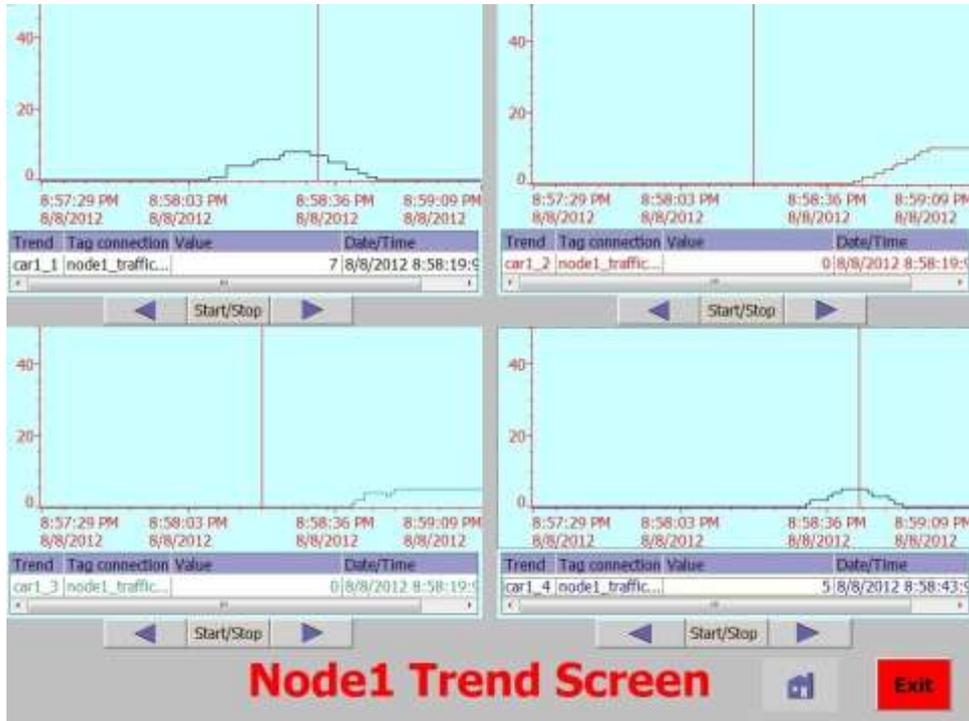


الشكل (9) واجهة التحكم اليدوي.

التحكم بإغلاق وفتح الإشارات المرورية لزمّن غير محدد في حالات طارئة (حالات الصيانة الخاصة بتنفيذ بنى تحتية تخص المنطقة التي توجد فيها العقدة المرورية- حوادث مرورية)، بحيث لا يكون لعامل الزمن أي أثر سلبي على عمل العقدة المرورية. عند العودة إلى التحكم الأوتوماتيكي باختيار Auto بواسطة Switch في الواجهة الرئيسية، يتابع البرنامج دورة العمل التي تمت مقاطعتها.

4.4. واجهة الرسوم البيانية (Trends):

عند النقر على زر (Active Node1 Trend) تظهر شاشة المخططات البيانية للعقدة الأولى المبينة في الشكل (10).



الشكل (10) واجهة المخططات البيانية للعقدة الأولى.

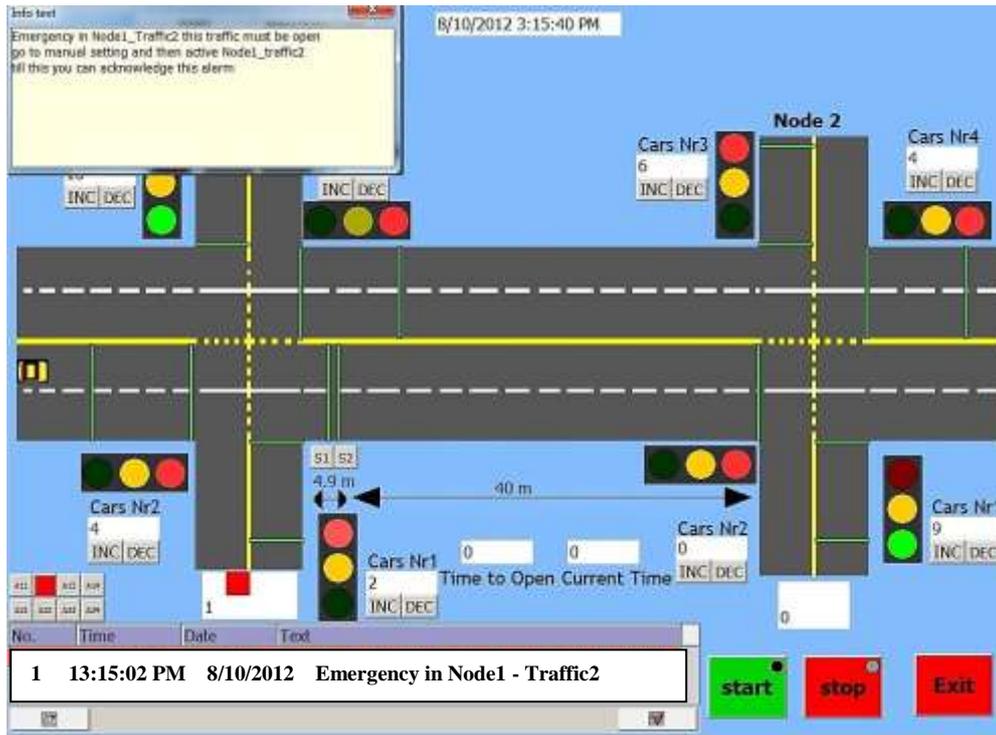
يوجد لكل عقدة أربعة مخططات بيانية تمثل عدد السيارات المتراكم عند كل إشارة عبر الزمن كما هو موضح في الشكل (10)، يمثل المحور الشاقولي عدد السيارات والمحور الأفقي الزمن، ويوجد مسطرة يمكن تحريكها لمعرفة

عدد السيارات بشكل دقيق في لحظة زمنية معينة. يمكن من خلال هذه المخططات معرفة عدد السيارات المتراكمة عند كل إشارة عبر الزمن ليتسنى لنا إجراء دراسة احصائية تساعدنا على تطوير نظام التحكم، وتتيح هذا المخططات أرشفة البيانات.

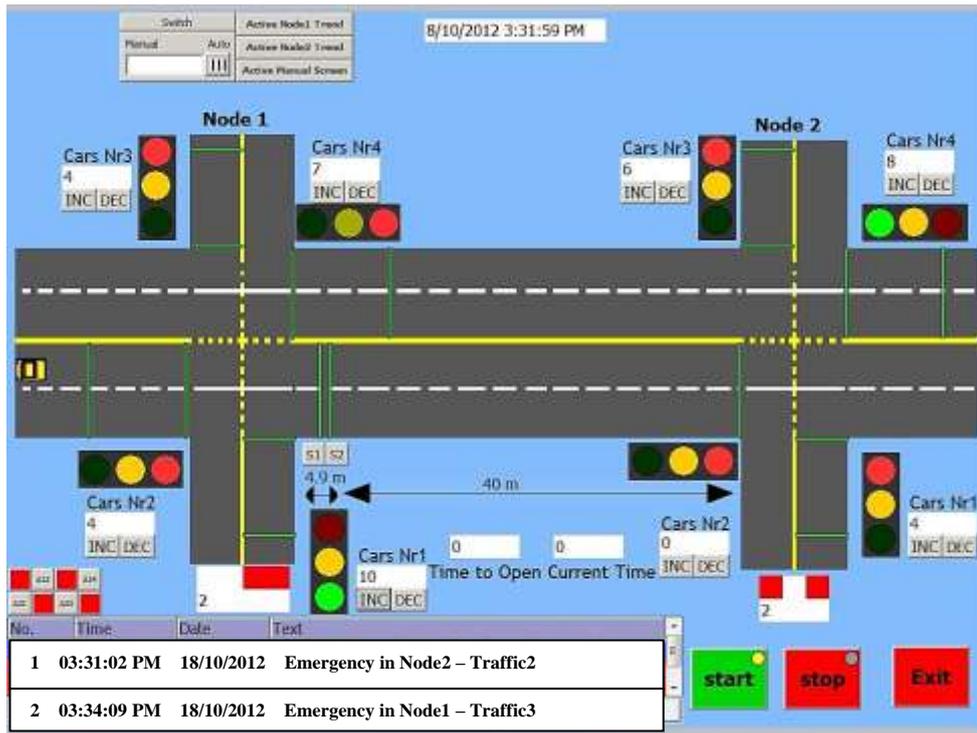
لكل مخطط ثلاثة أزرار: زر الإيقاف المؤقت (Start/Stop)، زر لترجيع المخطط إلى لحظة زمنية سابقة، زر لتقديمه. وبشكل مشابه، تظهر شاشة المخططات البيانية للعقدة الثانية عند النقر على زر (Active Node2 Trend).

5.4. نظام الإنذار (Alarm System):

استخدمنا نظام الإنذار من أجل سيارات الطوارئ (إسعاف، شرطة، إطفاء)، عندما تجتاز إحدى سيارات الطوارئ الحساس باتجاه التقاطع، يظهر على الواجهة الرئيسية تنبيه بوجود هذه السيارة مع رقم العقدة والإشارة المتواجدة عندها يرمز لرقم العقدة بالمتغير n_1 - رقم الإشارة بالمتغير n_2 كما هو مبين في الشكل (11). يظهر الإنذار -مثلاً- وجود سيارة طوارئ عند الإشارة الثانية من العقدة الأولى، مع إظهار زمن مرور هذه السيارة، يتم مقاطعة دورة العمل وفتح الإشارة المطلوبة بشكل أوتوماتيكي. يمكن للعاملين على تطبيق نظام التحكم هذا النقر على زر المعلومات الموجود أسفل الإنذار ليظهر لديهم نص المعلومات (Info Text) الذي يبين شرح مراحل تنفيذ أمر الفتح الأوتوماتيكي للإشارة الثانية العائدة للعقدة الأولى حتى تجتاز السيارة الحساس الثاني؛ أي حتى اختفاء الإنذار في هذه الحالة كما هو مبين في الشكل (11).



الشكل (11) نظام الإنذار لسيارات الطوارئ.



الشكل (12) الانذار في حال وجود أكثر من سيارة طوارئ.

في حال لدينا أكثر من سيارة طوارئ، يبين الإنذار موقع كل سيارة وزمن وصولها (زمن عبورها الحساس)، كما هو مبين في الشكل (12)، ويتم مقاطعة البرنامج بشكل أوتوماتيكي وفتح الإشارات المطلوبة حسب أزمته وصول السيارات.

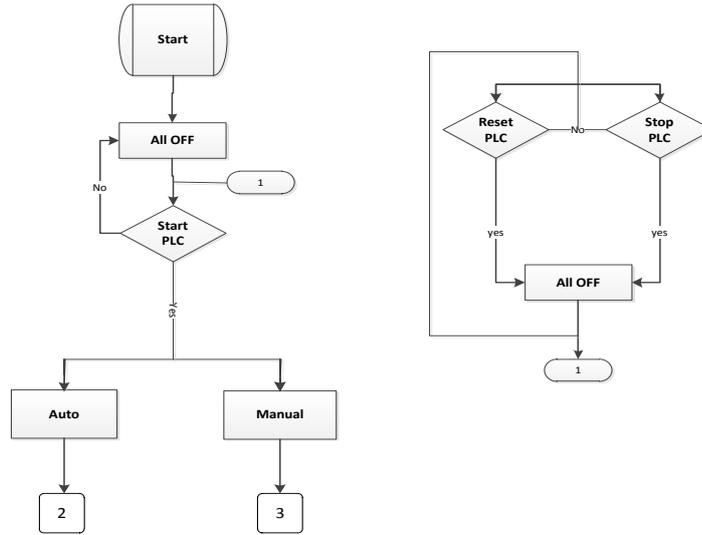
بعد الانتهاء من تصميم نظام التحكم، وكتابة البرامج الواجب تحميلها على المتحكم PLC، وتصميم واجهات التحكم والمراقبة بواسطة SCADA، تم اختبار النظام المصمم وذلك عن طريق محاكاة العمليات الموجودة؛ لذلك قمنا بإضافة مجموعة من الأزرار لواجهات SCADA بحيث يمكننا من إجراء عملية المحاكاة بشكل كامل من تفعيل للمداخل المطلوبة ومراقبة سير العمليات. أزرار (INC,DEC) لكل إشارة تمثل عمل الحساسات، والأزرار (A11,A12...A24) تحاكي مرور سيارات الطوارئ للعقدة n_1 والإشارة n_2 ؛ وذلك بربط هذه الأزرار مع مداخل المتحكم PLC المقابلة.

5. خوارزميات عمل نظام التحكم:

يتم توصيف العمل على شكل خوارزميات (مخططات تدفقية)، يتم فيها شرح آلية العمل باستخدام إحدى اللغات المعروفة في مجال تحليل النظم، وحيث أن معالجة حالة الطوارئ وتطبيق خاصية الموجة الخضراء يعتمد مبدأ المقاطعة، بالإضافة إلى تمثيل العمليات التكرارية والتي لا يمكن تمثيلها إلا باستخدام مخططات الحالة، لذلك فإن الحل الأمثل هو تمثيلها على شكل مخططات تدفقية. فيما يلي خوارزميات العمل مع شرح مبسط لها:

المرحلة الأولى هي بداية عمل البرنامج التي يتم من خلالها التحقق من جاهزية المتحكم PLC واختيار وضعية التحكم اليدوي أو الآلي

تتمة الحلقة 2 الشكل (14)
وهي آلية التحكم الآلي للعقدة
الأولى مع تحديد الأفضلية
للإشارات المرورية.
الحلقة 3 آلية التحكم اليدوي
لفتح وإغلاق الإشارات



الشكل (13) خوارزمية العمل الرئيسية

تسمى كل المتغيرات بالحرف الأول مع رقمين، الأول يدل على رقم العقدة والثاني يدل على رقم الإشارة، فمثلاً- الإشارة الثانية من العقدة الأولى: **N12** عدد السيارات المتراكمة عند الإشارة، **IS12** الحساس الذي يعد السيارات القادمة إلى التقاطع، **M12** أفضلية الإشارة، **A12** وحدة المقاطعة في حال وجود سيارة الطوارئ عند الإشارة، **T12** الزمن الحالي للطور الأخضر للإشارة، **Tmin12** الزمن الأصغري للطور الأخضر، **Tmax12** الزمن الأعظمي للطور الأخضر.

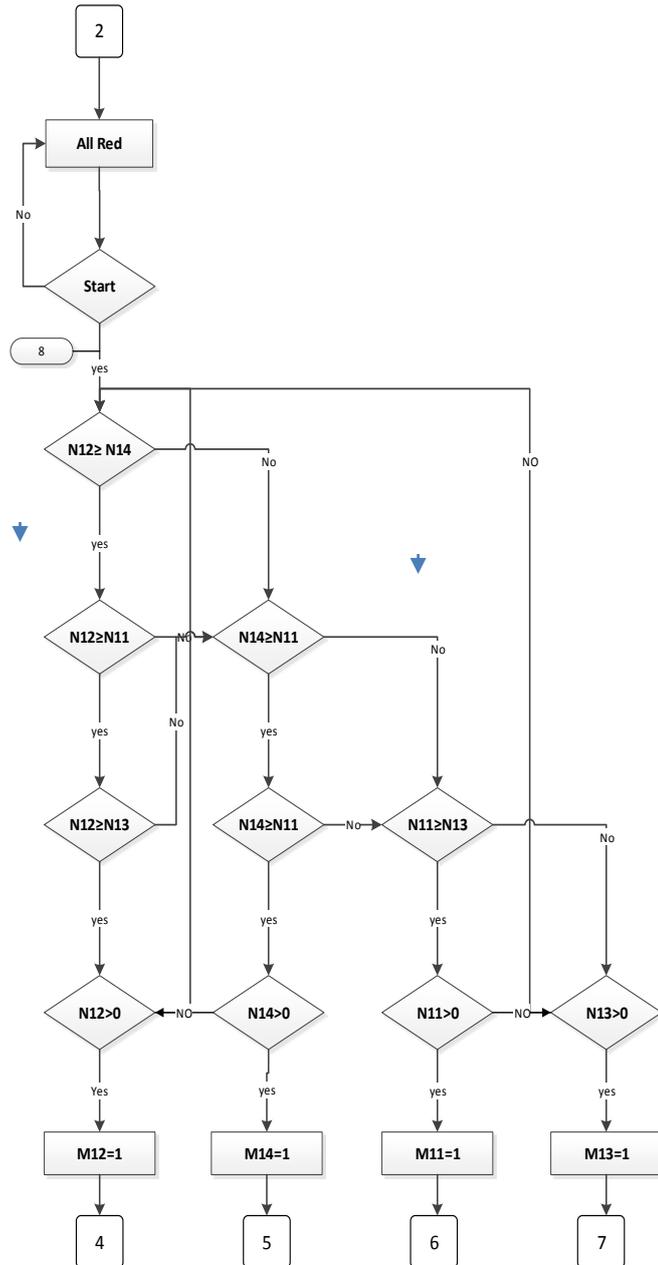
يتم حساب الكثافة المرورية عند كل إشارة، حيث يتم تحصيل البيانات باستخدام الحساسين ($IS_{12}-DS_{12}$) المذكور وظيفتهما سابقاً في البند 7 من فقرة الواجهة الرئيسية الأولى (1.4.3)، تقارن قيم الكثافة على الإشارات الأربعة

وتعطى الأفضلية دوماً للإشارة الأكثر ازدحاماً (ذات الكثافة الأعلى)، ويتم تجاهل الإشارة التي لا تحوي أي سيارة. في حال تساوي الكثافة المرورية تكون الأفضلية للإشارات الحاكمة للطريق الرئيسية (الإشارة 2، الإشارة 4) ثم الإشارات الحاكمة للطرق الفرعية (الإشارة 1، الإشارة 3) كما هو مبين في حلقات العمل المبينة في الشكل(14).

تقارن قيم الكثافة على الإشارات الأربعة
وتعطى الأفضلية دوماً للإشارة الأكثر
ازدحاماً

N12 رمز يدل على عدد السيارات
المتراكمة عند الإشارة الثانية من العقدة
الأولى.
N14 رمز يدل على عدد السيارات
المتراكمة عند الإشارة الرابعة من العقدة
الأولى
N13 رمز يدل على عدد السيارات
المتراكمة عند الإشارة الثالثة من العقدة
الأولى
N11 رمز يدل على عدد السيارات
المتراكمة عند الإشارة الأولى من العقدة
الأولى
M12 رمز يدل على فتح الإشارة الثانية من
العقدة الأولى
M14 رمز يدل على فتح الإشارة الرابعة من
العقدة الأولى
M11 رمز يدل على فتح الإشارة الثانية من
العقدة الأولى
M13 رمز يدل على فتح الإشارة الرابعة من
العقدة الأولى

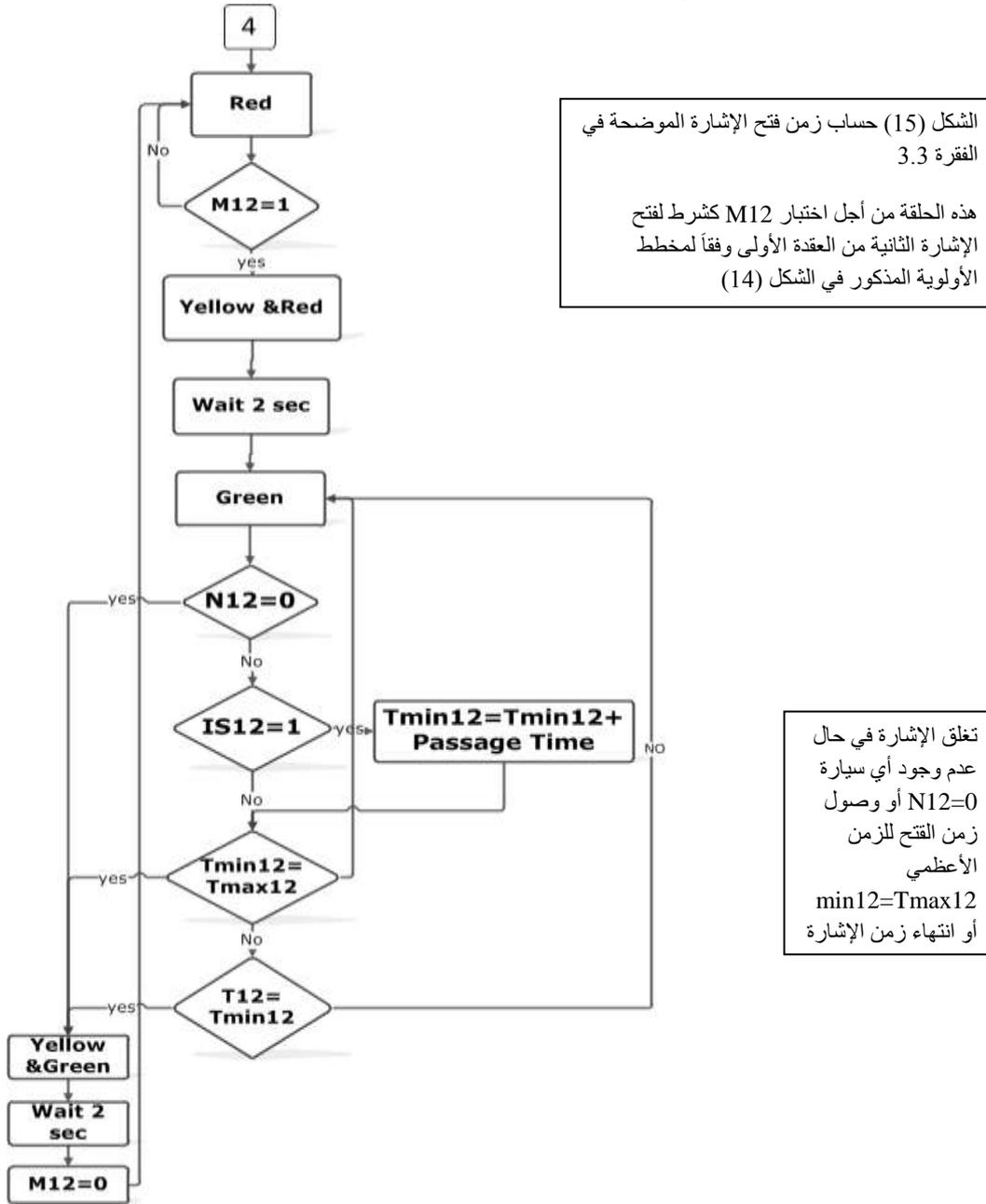
4 موضحة في المخطط الصندوقي المبين في
الشكل (15) تحديد زمن فتح الإشارة الثانية
للعقدة الأولى.
بشكل مشابه لـ 5،6،7 تكون خوارزمية
الإشارات الباقية



خوارزمية تعاقب الإشارات وتحديد الأفضلية.

الشكل (14) خوارزمية تعاقب إشارات المرور وتحديد الأفضلية لإشارات العقدة الأولى.

يحدد زمن الأخضر وفق حجم الكثافة والزمن الأعظمي المحدد كما تم شرحه سابقاً، بعدها يتم مقارنة الإشارات الثلاثة الباقية وهكذا حتى اكتمال الدورة أي فتح كامل إشارات العقدة



الشكل(15) خوارزمية عمل الإشارة الثانية من العقدة الأولى

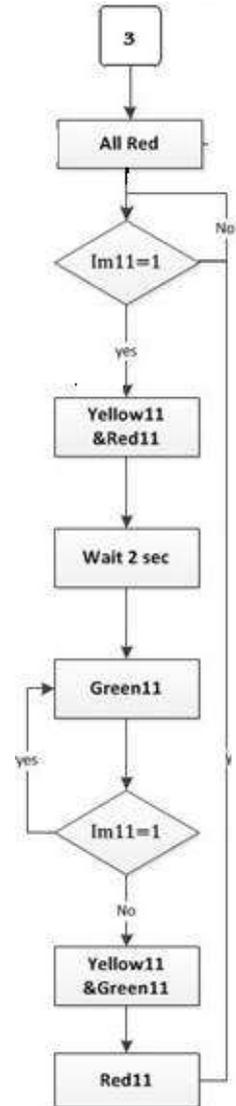
وعند وجود سيارة طوارئ تقاطع عمل البرنامج لفتح الإشارة المطلوبة بشكل أوتوماتيكي. تعمل العقدة الثانية بشكل مشابه تماماً، ولكن تحدث مقاطعة حالة تطبيق Green Wave لربط العقدتين معاً، عندما تفتح الإشارة الثانية من العقدة الأولى G12 تفعل حساسات السرعة (S1,S2) المذكور وظيفتهما سابقاً في البند 9 من فقرة الواجهة الرئيسية الأولى (1.4.3)، و حساب الزمن T_{open} اللازم لفتح الإشارة الثانية من العقدة الثانية التي تتحكم بالطريق الرئيسية الداخلة إلى المدينة، وتحدث مقاطعة لدورة العمل وفتح الإشارة المطلوبة ليتم تتابع السيارات الداخلة إلى المدينة دون التوقف على أي إشارة.

تم وضع الحلقة الفرعية
13 لمقاطعة عمل
الموجة الخضراء من
أجل تأمين حركة مرور
سيارات الطوارئ
وإعطائها أفضلية
المرور

عند اختيار الوضع
اليدوي يتم غلق كافة
الإشارات، يتم تفعيل
الإشارة وإغلاقها بشكل
يدوي بالضغط على زر
التفعيل

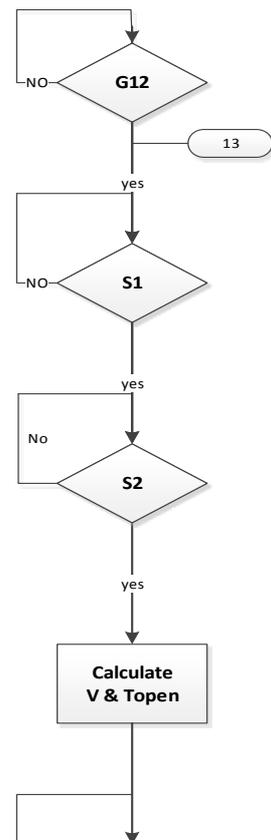
IM11 زر تشغيل
الإشارة الأولى من
العقدة الأولى عند
الضغط عليه تفتح
الإشارة حتى اغلاقها
يدوياً

وهكذا بشكل مشابه
لباقى الإشارات

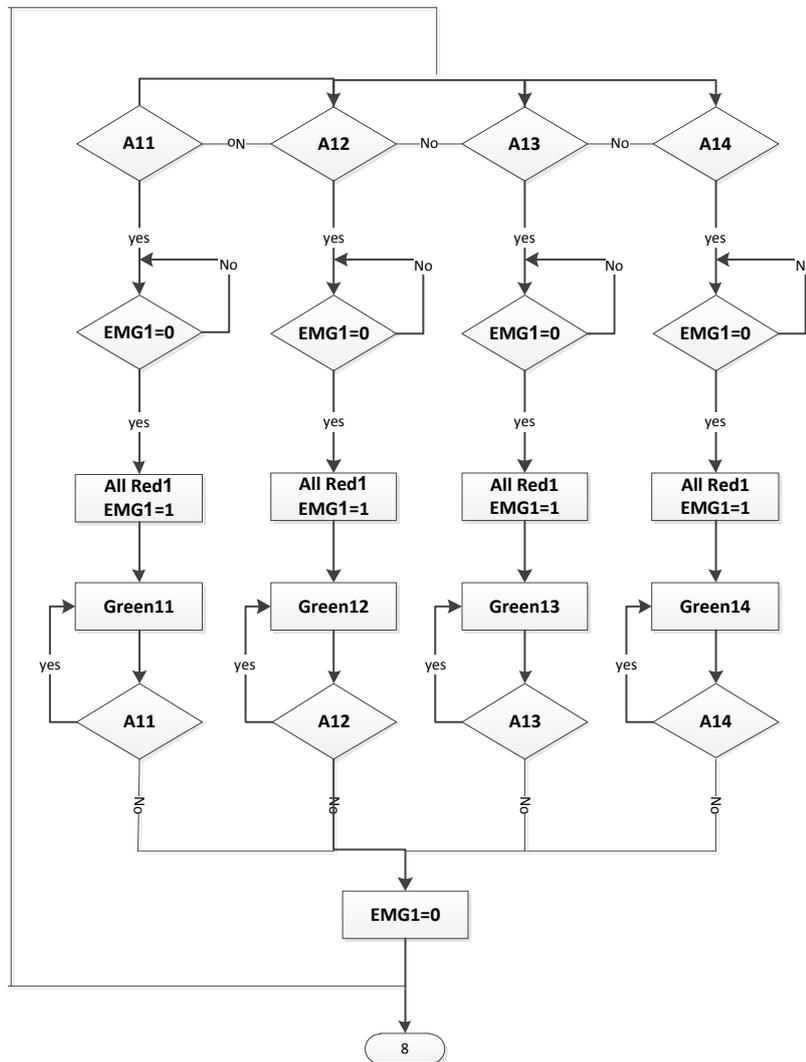


عندما تفتح الإشارة
الثانية من العقدة الاولى
G12 تفعل حساسات
السرعة (S1,S2) و يتم
حساب الزمن T_{open}
اللازم لفتح الإشارة
الثانية من العقدة الثانية
وتحدث مقاطعة تغلق
باقي الاشارات وتفتح
الإشارة المطلوبة

الحلقة 9 لفتح الإشارة الثانية من العقدة
الثانية وهي مشابهة لخوارزمية العمل
للحلقة 4 المبينة في الشكل (15).



الشكل (16) (a) التحكم اليدوي بالإشارة الأولى للعقدة الأولى (b) خوارزمية مقاطعة Green Wave للعقدة الثانية

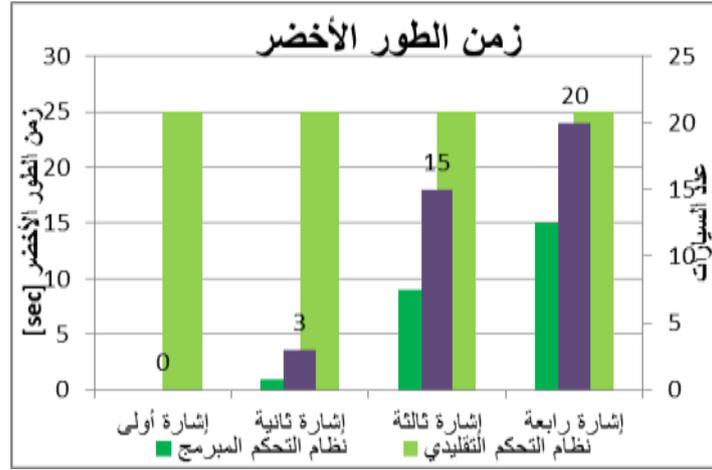


الشكل(16) خوارزمية المقاطعة - حالة الطوارئ للعقدة الأولى.

A11 وحدة المقاطعة في حال وجود سيارة الطوارئ عند الإشارة الأولى من العقدة الأولى. عند تفعيل وحدة المقاطعة تغلق كافة الإشارات وتفتح الإشارة المطلوبة حتى عبور السيارة أي تصبح A11 off. EMG هو علم تفعيل المقاطعة حتى لا يحدث تداخل بالمقاطعات. خوارزميات عمل العقدة الثانية مشابهة تماماً لخوارزميات عمل العقدة الأولى

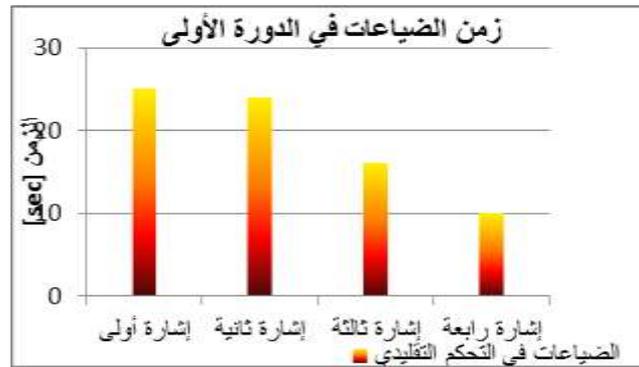
النتائج والمناقشة:

تم إجراء دراسة ميدانية (كمثال) لعقدة زنوبيا على أوتوستراد الزراعة في مدينة اللاذقية الخاضعة لنظام التحكم التقليدي بإشارات المرور، تمت مقارنة زمن الطور الأخضر للإشارات الضوئية في نظام التحكم التقليدي وزمن الطور الأخضر بتطبيق خوارزمية نظام التحكم المبرمج للدورة الأولى تبعاً لعدد السيارات المتراكمة على جميع مسارب العقدة المرورية عند كل إشارة منها. يبين الشكل (17) عدد السيارات المتراكمة عند كل إشارة في العقدة وزمن الطور الأخضر لكل من نظامي التحكم التقليدي والمبرمج.



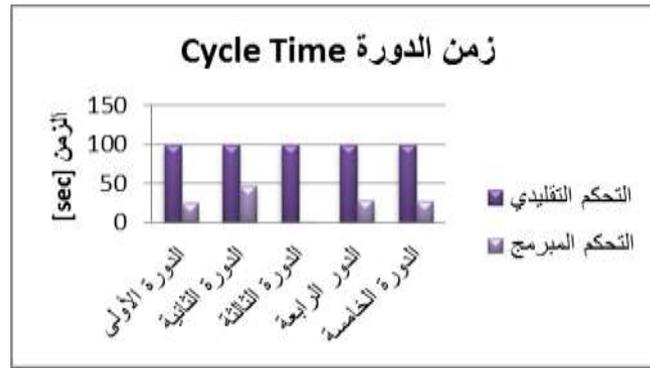
الشكل (17) زمن الطور الأخضر لنظام التحكم المبرمج ونظام التحكم التقليدي.

نلاحظ أن زمن الطور الأخضر في التحكم التقليدي ثابت دوماً، بينما يكون الزمن في التحكم المبرمج متغيراً تبعاً لعدد السيارات المتراكمة عند الإشارة بحيث يكون مساوياً للزمن اللازم لتفريغ الرتل، ويبين الشكل (18) زمن الضياعات عند كل إشارة في الدورة الأولى الذي يمثل الزمن المتبقي من الطور الأخضر دون وجود أية سيارة عند الإشارة. حيث تم حسابه من الفرق بين زمني الطور الأخضر في النظام التقليدي والمبرمج.



الشكل (18) زمن الضياعات في التحكم التقليدي خلال الطور الأخضر في الدورة الأولى.

نلاحظ مثلاً الإشارة الأولى في التحكم التقليدي زمن الطور الأخضر فيها 25 sec بالرغم من عدم وجود أية سيارة على هذه الإشارة وهو زمن ضائع. بينما في التحكم المبرمج لا داعي لفتح هذه الإشارة بسبب عدم وجود سيارات عندها وبالتالي تم توفير زمن هذه الإشارة وهو يمثل زمن ضياعات للإشارة الأولى. يساهم هذا الزمن بزيادة زمن الانتظار على الإشارات الأخرى، وزمن الانتظار على الإشارة هو الزمن الفاصل بين إغلاق الإشارة حتى لحظة فتحها مرة أخرى؛ أي الزمن الوسطي لتوقف السيارات على الإشارة. تمت المقارنة بين زمن الدورة عند العمل بالتحكم التقليدي والتحكم المبرمج كما هو مبين في الشكل (19) والجدول (2). يمثل زمن الدورة مجموع أزمنة فتح جميع إشارات العقدة.



الشكل (19) مقارنة بين زمن الدورة في التحكم التقليدي والتحكم المبرمج.

الجدول (2) مقارنة بين زمن الدورة عند العمل بالتحكم التقليدي والتحكم المبرمج.

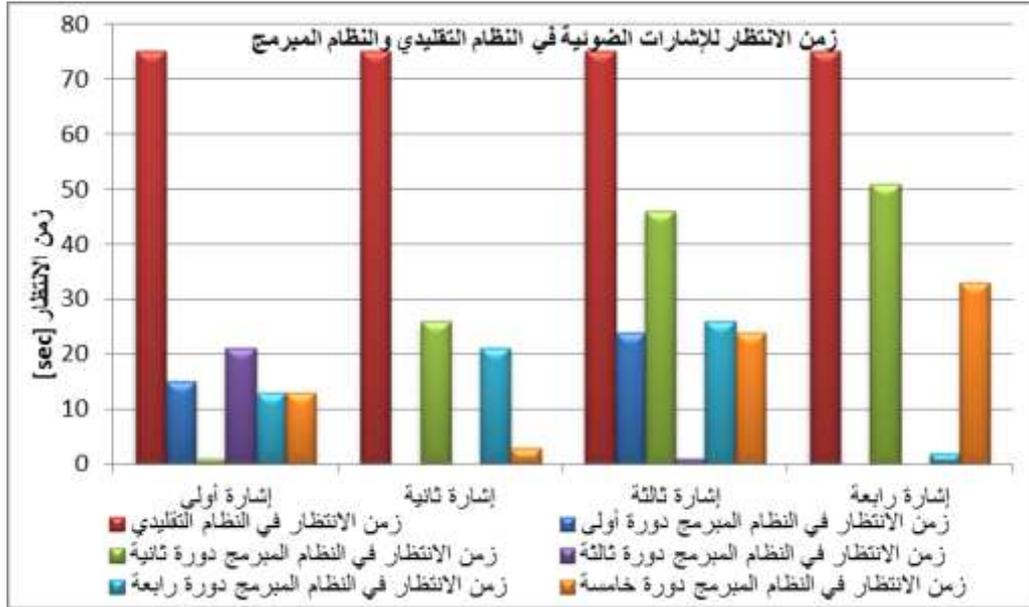
التحكم المبرمج	التحكم التقليدي	
25 sec	100 sec	الدورة الأولى
47 sec	100 sec	الدورة الثانية
2 sec	100 sec	الدورة الثالثة
29 sec	100 sec	الدورة الرابعة
28 sec	100 sec	الدورة الخامسة

نجد أنه يتم تفريغ السيارات في نظام التحكم خلال زمن أقل بكثير من الزمن المستغرق في الدورة، حيث قلنا الزمن الكلي بنسبة 70%، ويبين الشكل (20) زمن الضياعات الكلي خلال خمس دورات لنظام التحكم التقليدي.



الشكل (20) زمن الضياعات الكلي في التحكم التقليدي خلال الدورات الخمس.

كما أن زمن الانتظار في التحكم المبرمج على كل إشارة ضوئية في كل دورة أقل منه بكثير من زمن الانتظار في نظام التحكم التقليدي المطبق حالياً حيث تكون الأزمنة ثابتة كما هو مبين في الشكل (21). يمكن ربط عقدة زنبوبيا المرورية مع عقدة دوار الزراعة المرورية لتطبيق خاصية الموجة الخضراء حيث تتوالى فتح الإشارات المرورية الحاكمة للطريق الرئيسي والتي تم شرح خوارزمية عملها من خلال الشكل (15-b).



الشكل (21) زمن الانتظار للإشارات الضوئية في نظام التحكم التقليدي ونظام التحكم المبرمج.

الاستنتاجات والتوصيات:

قدم البحث خوارزمية جديدة لنظام تحكم مبرمج أوجد حلاً لمعظم مشكلات نظام التحكم التقليدي بإشارات المرور حيث يعمل وفق أزمنة متغيرة ودورة متغيرة بما يتناسب مع حجم الكثافة المرورية، ويستجيب لتغيرات الواقع المروري مما يقلل من حجم الاختناقات المرورية، وبالتالي يقلل من وقت الانتظار، مما له انعكاسات ايجابية من توفير للوقود والحد من التلوث البيئي، وإعطاء أولوية المرور لسيارات الطوارئ فور وجودها. يراعي البحث أيضاً التكلفة الاقتصادية حيث يتم استخدام حساسين فقط لكل عقدة مرورية، وتوفر الوحدة الإلكترونية للحساس أكثر من قناة لوصول الحلقات إليها، ويعد الحساس Loop Detector الأقل ثمناً، والأكثر دقة، وموثوقة، واعتماداً في الأنظمة العالمية، كما أن استخدام PLC Siemens توفر عدداً كبيراً من المداخل والمخارج مقارنة بغيرها من أنواع المتحكمات لسهولة وصلها مع عدد كبير من وحدات التوسعة. وهكذا نكون قد حققنا الموثوقية العالية لنظام تحكم ومراقبة مرن يحل جميع المشاكل المرورية، ويقلل من الاختناقات المرورية وانعكاساتها السلبية؛ إذ يؤمن نظام المراقبة المقترح تغيير كافة البارامترات وهذا يعطي مرونة كبيرة في التصميم والأداء، وإمكانية تطبيق النظام على أية عقدة مرورية بتغيير بارامترات التحكم فقط. بينت الدراسة الإحصائية التي يقدمها نظام التحكم المبرمج مقارنة مع النظام التقليدي المأخوذ بياناته من دائرتي المرور والمواصلات أنه يقلل من زمن الانتظار مما يوفر ساعة تأخير مروري لأكثر من 100 سيارة في المدينة الواحدة؛ وهذا يساهم في تقليل زمن الضياع في أوقات العمل أي توفير أكثر من مليارين ونصف ليرة سورية سنوياً في كامل القطر. يمكن تصميم نظام تحكم بإشارات المرور لكافة العقد المرورية الموجودة في المدينة؛ وذلك بناء على نظام التحكم المبرمج المقترح في البحث، عن طريق ربطها بشبكة تحكم موزع أو استخدام مجموعة من بطاقات التوسعة للمتحكم PLC، كما يمكن استخدام تطبيقات الطاقة الشمسية أو توصيل بطاريات شحن إلى كافة العقد المرورية لتأمين التغذية الكهربائية بشكل دائم، حتى لا يحدث أي خلل في النظام. كما يمكن اقتراح تركيب لوحات إلكترونية في الطرقات الرئيسية تبين حالة الازدحام عند العقد المرورية تساعد السائق على اختيار الطريق المناسب.

المراجع:

- [1].Kalapoef, A.R. ; Nofekfe, F. "*Transportation and Pollution*". Doklady Earth Sciences. Russia. Vol. 437, No 186, , 2010, p 513-520.
- [2].Laguitton, C. "*The Effect of Compression Ratio on Exhaust Gas from A Diesel Engine*", Download Date 28 Mar 2012.
<www.brighton.ac.uk/shrt/publications/Diesel/ECOS06.pdf>
- [3].McClean, V. "*Traffic Detector Handbook*". Third Edition, Volume 1, US Department of Transportation-Federal Highway Administration, FHWA-HRT-06-108, US, 2006, 291.
- [4].Ehlert, A. & et al, "*The optimization of traffic count locations in road networks*", Transportation Research Part B, US. Vol. 40 , No.32 , 2006, p 460–479.
- [5].Kittelton, A. "*Signal Timing Manual*" ,Third Edition, Siemens ITS-U.S Department of Transportation-Federal Highway Administration, FHWA-HOP-08-204, US, 2008, 274.
- [6].Cosma, R. "*Self-organizing traffic lights*", PhD Thesis, Wisconsin University at Madison, Us, 2006, P 15-32.
- [7].Henry, X. L & et al, "*Real-time queue length estimation for congested signalized intersections*", University of Minnesota – Twin Cities S.E, United States, Transportation Research Part C 17, Vol. 17, No. 12, 2009, P 412–427.
- [8].Pillai, H. & Patil, G.R. "*Real-Traffic Counting and Monitoring System* ", National Workshop on Intelligent Transportation System, Pune, Vol. 2, No.2, 2010, P21-41.
- [9].Bolton, W. "*Programmable Logic Controllers*" , Elsevier Ltd, Industrial Company, Vol.35, No.12, 2009, pp. 22-30.
- [10].Favino, I.N & et al, "*A Secure and Survivable Architecture for SCADA System*", IEEE, Vol.2, No.14. 2009, p 978-993.
- [11].Zyuzev, A.M. & et al, "*Experience in Introducing Automation Equipment for Electrical Devices and Industrial System into The Educational Process* ", ISSN 1068-3712, Russian Electrical Engineering, Russia, Vol. 80, No.9, 2009, P 477-481.