تطوير وتحسين نظام الحجز بين المحطات في الخطوط الحديدية السورية باستخدام الـ PLC ونظام المراقبة الـ SCADA

صلاح نادر، أنس فتوح، عهد المرعنازي*

قسم هندسة التحكم والأتمتة، كلية الهندسة الكهربائية والإلكترونية، جامعة حلب

* طالبة دراسات عليا (ماجستير)

الملخص

يعتبر نظام الحجز بين المحطات من أهم الأنظمة التشغيلية في الخطوط الحديدية المستخدمة لتنظيم حركة القطارات على الخط الحديدي حيث يستخدم عدد من الإشارات ذات الدلالات المحددة لتحريك القطارات ولإيقافها بحسب مشغولية الخط الحديدي وبحيث يتمُّ تحريك القطارات في المسارات المطلوبة بأمان.

تطورت أنظمة الحجز من أنظمة يدوية، يستخدم فيها الإشارات اليدوية لتنظيم حركة القطارات، إلى أنظمة نصف آلية ثمَّ إلى أنظمةٍ آليةٍ يستخدم فيها الإشارات الضوئية لتنظيم حركة القطارات. تستخدم الخطوط الحديدية السورية حالياً أنظمة حجز نصف آلية تعتمد في عملها على لوحات القيادة الكهربائية التقليدية وتسمح بتسيير قطارٍ واحدٍ فقط بين محطتين متجاورتين.

تركز اهتمام هذا البحث على تطوير واختبار نظام حجز آلي حديث باستخدام الماتلاب يسمح بتسيير عدة قطارات بين محطتين متجاورتين في نفس الوقت كما يسمح بمراقبة حركة القطارات والإشارات الضوئية على الخط الحديدي.

1- مقدمة

تعتبر الخطوط الحديدية من أهم وسائل النقل عموماً والنقل البري خصوصاً وأكثرها استخداماً في العالم كونها تمتاز بالأمان والراحة والسرعة والدقة، والمحافظة على البيئة بالمقارنة مع وسائل النقل الأخرى، ولذلك كان من الضروري أن تستخدم الخطوط الحديدية تجهيزات تتمتع بدقةٍ كبيرةٍ وأمانٍ عالٍ.

ورد البحث للمجلة بتاريخ 2009/12/30.

قبل للنشر بتاريخ 2010/6/9

إنَّ من أهم الأنظمة التشغيلية في الخطوط الحديدية نظام الحجز بين المحطات، حيث يعتبر الأساس في تنظيم حركة القطارات. تطورت أنظمة الحجز من أنظمة يدوية، يستخدم فيها الإشارات اليدوية لتنظيم حركة القطارات، إلى أنظمة نصف آلية ثم إلى أنظمةٍ آليةٍ يستخدم فيها الإشارات الضوئية لتنظيم حركة القطارات.

إنَّ نظام الحجز المستخدم حالياً في المؤسسة العامة للخطوط الحديدية السورية هو نظام حجز نصف آلي ولا يسمح سوى بوجود قطارٍ واحدٍ على الخط الجاري بين محطتين متجاورتين. يعتمد نظام الحجز نصف الآلي على مجموعة إشارات ودارات اتصال بين المحطات المتجاورة تسمح بتغيير دلالة الإشارات بشكل مستمر بواسطة عناصر الحركة الموجودة على الخط الحديدي وبتأثير حركة القطار الموجود على الخط الحديدي.

2- أهمية البحث وأهدافه

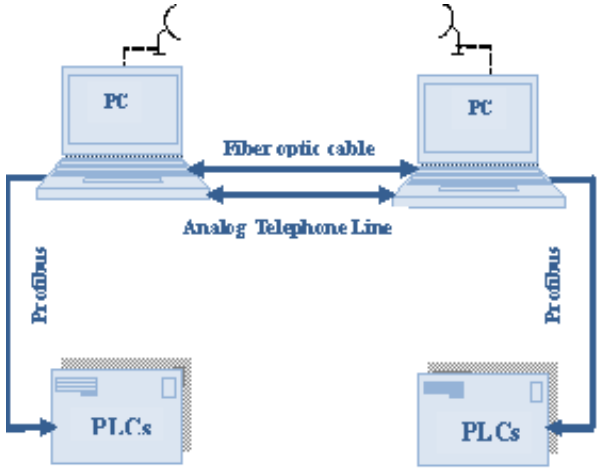
إنَّ نظام الحجز الموجود حالياً في المؤسسة العامة للخطوط الحديدية السورية هو نظام حجز نصف آلي يعتمد في عمله على الريليات والبلوكات ولوحات القيادة الكهربائية التقليدية ومصابيح الإشارات والمفاتيح. من مساوئ هذا النظام:

1. الاعتماد على الهاتف التشابهي لإجراء أول عملية من عمليات الحجز وهي طلب الموافقة على تسيير قطار. وبما أنَّ الشبكة الهاتفية هوائية أو أرضية فهي تتأثر بالعوامل الجوية والفصلية مثل الرطوبة وتغير درجات الحرارة مما يؤدي إلى تغير مقاومتها كما أنَّ الشبكة الهوائية تحتاج لصيانةٍ دائمةٍ وبشكلٍ يوميٍّ تقريباً بسبب الانقطاعات المتكررة وحدوث قصر في الأسلاك نتيجة العبث والظروف الجوية.
2. إنَّ نظام الحجز نصف الآلي بين محطتين يجعل إمكانية تسيير أكثر من قطارٍ على نفس الخط مستحيلاً وبعبارة أخرى لا يمكن تسيير سوى قطارٍ واحدٍ فقط وذلك بسبب حجز الخط الجاري حتى وصول القطار إلى محطة المقصد وإعطاء إعلام بالوصول.
3. عدم إمكانية مراقبة القطار على الخط الجاري (أي بين المحطتين).

4. يستخدم نظام القيادة الكهربائية التقليدي الريليات كعناصر تحكم وهي ذات حجم كبير وأعطال كثيرة.
5. من الصعوبة بمكان إجراء تعديلات في المحطة (إضافة خطوط أو تفريعات جديدة) بسبب صعوبة إضافتها إلى التجهيزات الموجودة.

ولذلك فإنَّ أهمية البحث تنطلق من العمل على تطوير وتحسين نظام الحجز نصف الآلي إلى نظام حجزٍ آليّ بين محطتين، يعتمد في عمله على أجهزة التحكم المنطقية Programmable Logic Controllers (PLC) المرتبطة بحاسب مزود ببرنامج مراقبة Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA System) وشاشة لمسية للمراقبة والتشغيل وذلك في كلِّ محطةٍ، ويتمُّ الوصل بين المحطتين عن طريق شبكة لنقل المعلومات بواسطة الكابل الضوئي أو الشبكة اللاسلكية.

يبين الشكل (1) مخططاً صندوقياً عاماً لمكونات النظام الجديد المقترح للحجز الآلي بين المحطات في الخطوط الحديدية السورية.



الشكل (1): مخطط عام لمكونات النظام الجديد المقترح

3- طريقة البحث وخطواته

سيتمُّ في هذا البحث تقديم ما يلي:

1. تعاريف لبعض المصطلحات الخاصة بالخطوط الحديدية.

2. دراسة نظرية لنظام الحجز نصف الآلي المستخدم في الخطوط الحديدية السورية.
3. تطوير نظام حجزٍ آليٍّ يسمح بتسيير عدة قطارات بين محطتين متجاورتين في نفس الوقت كما يسمح بمراقبة حركة القطارات والإشارات الضوئية على الخط الحديديّ.
4. اختبار نظام الحجز الآلي في الماتلاب.

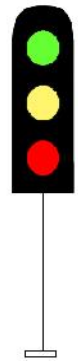
3-1 تعاريف لبعض المصطلحات الخاصة بالخطوط الحديدية [1]

- الحجز نصف الآلي Semi Automatic Block: هو النظام الذي يسمح بوجود قطارٍ واحدٍ على الخط الجاري بين محطتين.
- دارة الخط Track Circuit: هي الدارة الكهربائية على قسمٍ معزولٍ محددٍ من الخط والذي تشكل القضبان الحديدية فيه جزءاً منها وتستخدم للتأكد من عدم وجود مركبات عليه عن طريق ريليه الخط.
- ريليه الخط Track Relay: هي الريليه التي تعمل بواسطة دارة الخط والتي تتحرض فقط عندما يكون القسم خالياً من المركبات.
- المسار Route: هو الممر المحدد لحركة ما.
- إشارة التحذير Distance Signal: هي الإشارة التنبيهية لدخول المحطة والتي تدل مسبقاً على وضع إشارة الدخول القطارية.
- إشارة الدخول Home Signal: هي الإشارة الأساسية لدخول المحطة وهي التي تمنع أو تسمح للقطارات بالدخول إلى المحطة.
- إشارة الخروج Exit Signal: هي دلالة الإشارة التي تسمح أو تمنع مغادرة القطار.
- المفتاح Point: هو مجموعة قضبان حديدية وإبر وتوابعها، بعض أجزائها متحرك، والتي تؤدي إلى تفرعات زاوية للخطوط وتسمح للمركبات بالانتقال من خط إلى آخر.
- الموافقة Permission: هي طلب السماح بترحيل قطار من محطة إلى محطة مجاورة وهو شرط لفتح إشارة الخروج لمغادرة القطار إلى المحطة المانحة للموافقة.

- خلو الخط Track Clear: أن يكون أي قسمٍ معزولٍ ومحدد غير مشغول بأية أدواتٍ محركةٍ أو متحركةٍ سواء كانت حقيقية أو وهمية.
- إشغال الخط الجاري Open Line Occupied: أن يكون الخط الجاري مشغولاً بقطار من لحظة فتح إشارة الخروج (المحطة المصدر) حتى وصول القطار بشكل كامل إلى الطرف الآخر من الخط (المحطة المقصد).

تحمل الأضواء في الإشارات الضوئية المعاني التالية:

- ضوء أخضر: يسمح بالحركة بالسرعة النظامية وتكون الإشارة التالية مفتوحة.
- ضوء أصفر متقطع: يسمح بالحركة بالسرعة المسموحة وتكون الإشارة التالية مفتوحة ويجب تجاوزها بالسرعة المنخفضة.
- ضوء أصفر: يسمح بالحركة مع الاستعداد للتوقف أمام الإشارة التالية.
- ضوء أحمر: قف ممنوع تجاوز الإشارة.



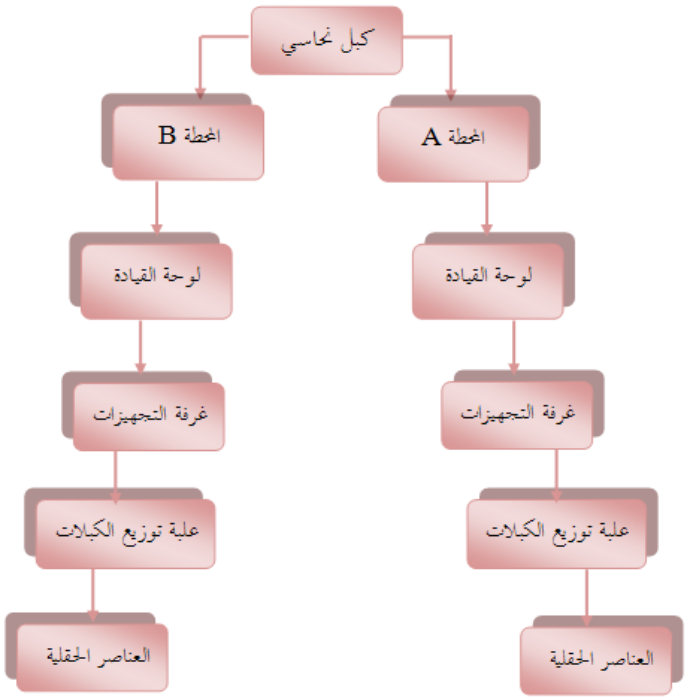
3-2 نظام الحجز نصف الآلي المستخدم في الخطوط الحديدية السورية

يسمى نظام التحكم الذي يتحكم بحركة القطارات بين المحطات بنظام الحجز وهو لا يسمح إلا بوجود قطار واحد على الخط الجاري بين المحطتين، أي يتمّ حجز الخط الجاري لتأمين وصول القطار من المحطة المرسلة إلى المحطة المستقبلة وحيث يكون التدخل البشري مطلوباً في معظم الخطوات لذلك يسمى هذا النظام بنظام نصف آلي [2].

ترتبط المحطات مع بعضها البعض عن طريق كابلات نحاسية هوائية أو أرضية وذلك لتأمين الاتصال عن طريق هاتف تشابهي وكذلك لإيصال نبضات تيار

مستمر أو متناوب، حيث تؤدي هذه النبضات وظيفة أساسية في عملية الحجز وأيضاً تربط الكابلات النحاسية لوحة القيادة بالعناصر الحقلية (إشارات – مفاتيح).

يبين المخطط التالي عناصر المحطة والترابط بين محطتين متتاليتين.



الشكل (2): عناصر المحطة والترابط بين محطتين متتاليتين

تقسم مراحل الحجز نصف الآلي إلى ثلاث مراحل: إعطاء الموافقة، حجز الخط الخارجي، إعطاء إعلام الوصول، ويتمُّ وصل دارة الحجز النصف الآلي بين المحطتين المتجاورتين عن طريق إحدى دارات كابل الاتصالات الرئيسي [3]

1- إعطاء الموافقة: لنفرض أنَّ المحطة A تمتلك الموافقة، هذا يعني أنَّ المحطة B أعطت الموافقة إلى المحطة A لترحيل قطارات إليها وتتمُّ عملية تبديل الموافقة بين المحطتين بواسطة نبضة تيار متناوب ثم نبضة تيار مستمر.

2- حجز الخط الخارجي: يعني أنَّ إشارات الخروج في المحطتين مغلقة ولا يمكن فتحها لأنَّ القطار غادر من المحطة A إلى المحطة B التي ليس لديها موافقة

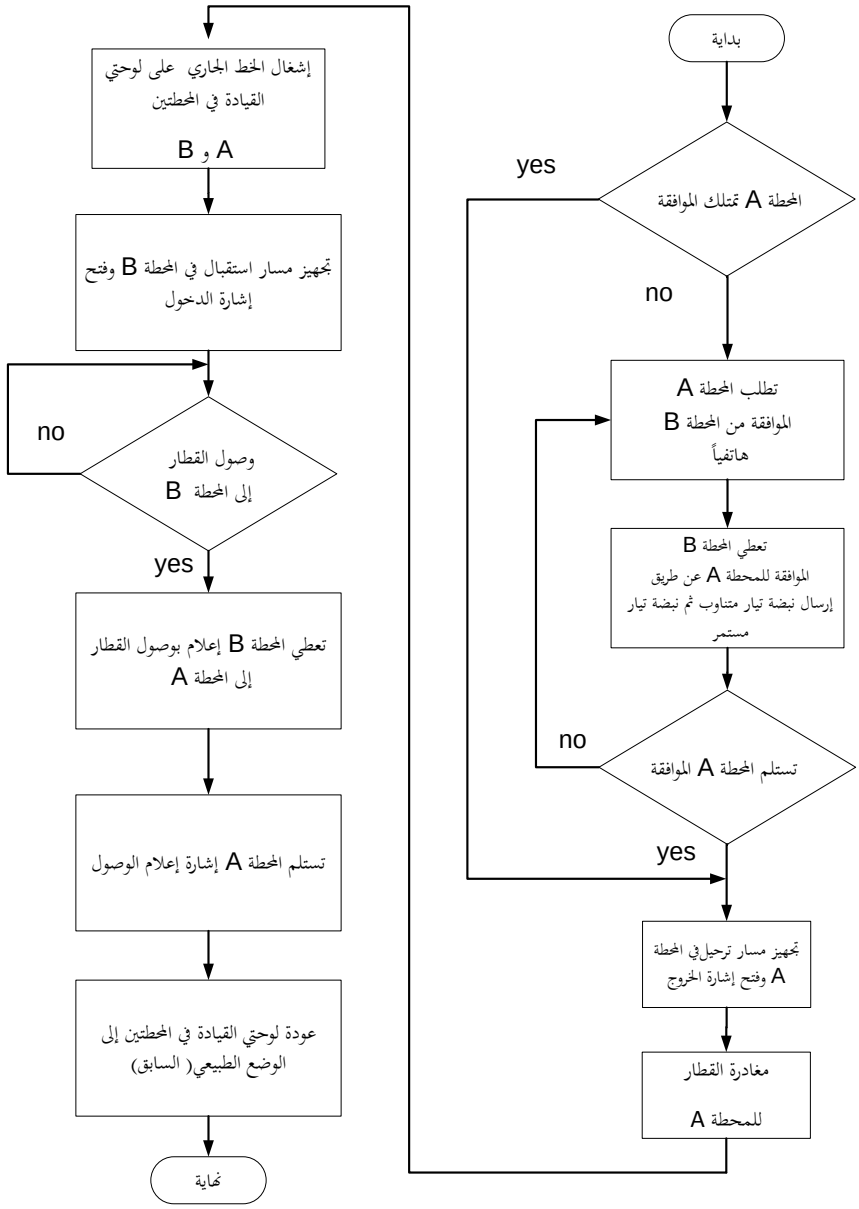
بالترحيل، وتتمُّ هذه العملية بواسطة نبضة تيار مستمر من المحطة A إلى المحطة B.

3- إعطاء إعلام الوصول (حل الحجز): بعد وصول القطار بكامل مركباته ودخوله للمحطة B يتمُّ إعطاء إعلام الوصول، وتصبح إشارات خروج المحطة A محررة ويمكن فتحها كونها مازالت تملك حق الترحيل، أما المحطة B فلا يمكن فتح إشارة الخروج فيها كونها لا تملك الموافقة، وتتمُّ عملية إعطاء إعلام الوصول بواسطة نبضة تيار متناوب ثمَّ نبضة تيارٍ مستمرٍ من المحطة B إلى المحطة A.ويبين المخطط الصندوقي في الشكل (3) مراحل الحجز نصف الآلي بالتفصيل.

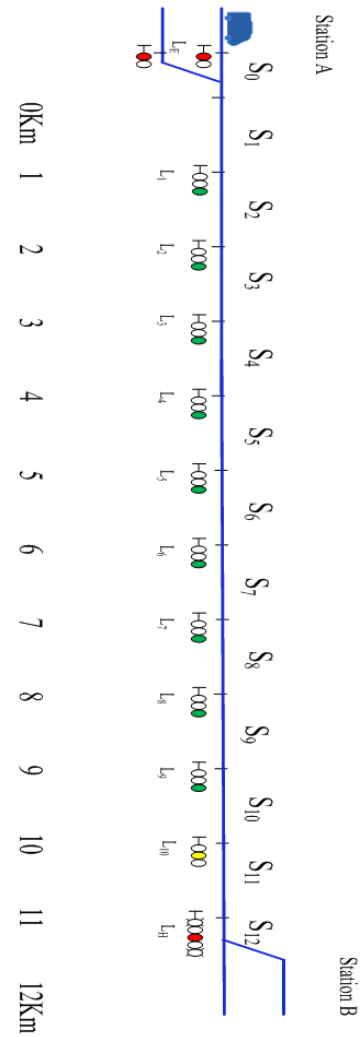
3-3 تطوير نظام حجز آلي ومراقبة حركة القطارات

نظام الحجز الآلي هو نظام تحكم يستخدم لإرسال قطارات متتالية من محطة إلى محطة أخرى بشكل متتابع عندما تكون هناك حاجة لزيادة الطاقة التمريرية للقطارات وهو يختلف عن الحجز نصف الآلي الذي لا يسمح سوى بتسيير قطارٍ واحدٍ على الخط الواصل بين محطتين.

من أجل ذلك سنقسم الخط الحديدي بين المحطات إلى أقسام متساوية وبفرض أنَّ المسافة الفاصلة بين المحطة المرحلة A والمحطة المستقبلة B هي /12/ كم ابتداء من إشارة الخروج L_e في المحطة A حتى إشارة الدخول L_h في المحطةB بفرض أنَّ طول كل قسم هو /1000/ م يكون لدينا الأقسام S_1-S_{12} والقسم S_0 هو القسم الابتدائي الذي يلي إشارة الخروج ويسبق أول إشارة عبور كما هو مبين في الشكل (4)، بحيث يكون ممكناً مراقبة القطار على طول الخط الحديدي وذلك بمعرفة مكان تواجده من خلال إشغاله للقسم المتواجد فيه على عكس الحجز نصف الآلي الذي يمكننا من مراقبة القطار فقط ضمن حدود المحطة ولا يمكن معرفة مكان تواجد القطار بأي نقطة كيلومترية على طول المسافة الواصلة بين المحطتين [4]:



الشكل (3): مراحل الحجز نصف الآلي



الشكل (4): تقسيم الخط الحديدي إلى أقسام متساوية

سيزود كلّ قسمٍ بإشارات عبور وحساس للخط. تستخدم إشارات العبور (الأحمر والأصفر والأخضر) لإعطاء معلومات عن حالة القسم التالي للقطار الموجود على الخط الحديدي بينما يستخدم حساس الخط لمعرفة مشغولية القسم حيث تكون هذه الحساسات محرضة في الحالة الطبيعية دالة على خلو الخط وأما عندما يمر القطار على قسمٍ معينٍ تقصر عجلات القطار حساس الخط فتصبح غير محرضة دالة على إشغال الخط [5].

سوف تعتمد الدلالات التالية للإشارات في نظام الحجز الآلي:

1. أحمر: يعني قف لأنَّ القسم الذي أمام القطار هو قسم مشغول.
2. أصفر: يعني تحرك بسرعة منخفضة لأنَّ قسم واحد أمام القطار فقط هو قسم خالي بينما القسم الذي يليه مشغول.
3. أخضر: يعني تحرك بسرعة عادية لأنه يوجد قسمان على الأقل أمام القطار هي أقسام خالية.

سوف تستخدم حساسات الخط لمعرفة مكان تواجد القطارات على الخط الحديدي وسوف تستخدم هذه المعلومات في مراقبة حركة القطارات وفي تغيير دلالات الإشارات الضوئية لتوجيه حركة القطارات في المسارات المطلوبة بأمان [6]. سوف نرمز للقسم i بـ S_i ولإشارات القسم i بـ L_i^r للإشارة الحمراء و L_i^y للإشارة الصفراء و L_i^g للإشارة الخضراء. الآن لتصميم دارة التحكم للنظام السابق لابد من إيجاد العلاقة بين القسم الموجود فيه القطار وإشارات القسم التالي [7].

نلاحظ أنَّ إشارات القسم i تتأثر بحالة القسمين التاليين S_{i+1} و S_{i+2} بالشكل التالي: عندما يكون المقطعان S_{i+1} و S_{i+2} غير مشغولين تكون الإشارة الخضراء للمقطع i مفعلة والإشارتان الصفراء والحمراء للمقطع i غير مفعلتين وعندما يكون المقطع S_{i+1} مشغول تكون الإشارة الحمراء للمقطع i مفعلة والإشارتان الصفراء والخضراء للمقطع i غير مفعلتين. وأخيراً عندما يكون المقطع S_{i+1} غير مشغول والمقطع S_{i+2} مشغول تكون الإشارة الصفراء للمقطع i مفعلة والإشارتان الخضراء والحمراء للمقطع i غير مفعلتين. يلخص الجدول (1) علاقة إشارة المقطع i بحالة القسمين التاليين S_{i+1} و S_{i+2}.

الجدول (1): علاقة إشارة المقطع i بحالة القسمين التاليين S_{i+1} و S_{i+2}

S_{i+1}	S_{i+2}	L_i^g	L_i^y	L_i^r
0	0	1	0	0
1	0	0	0	1
0	1	0	1	0
1	1	0	0	1

من الجدول (1) يمكن كتابة العلاقات المنطقية التالية:

$$L_i^g = \bar{S}_{i+1}\,\bar{S}_{i+2}$$
$$L_i^y = \bar{S}_{i+1}\,S_{i+2} \qquad (1)$$
$$L_i^r = S_{i+1}\,\bar{S}_{i+2} + S_{i+1}S_{i+2} = S_{i+1}$$

تمَّ تمثيل نظام الأقسام والإشارات المبين في الشكل (4) وبرمجة العلاقة (1) في الماتلاب فحصلنا على النظام المبين في الشكل (6)، حيث يمثل الصندوق ATBS(Automatic Train block System) نظام الحجز الآلي للقطارات (افترضنا في هذا النظام وجود ثلاثة قطارات فقط لكن يمكن تعميم النظام على عدد أكبر من القطارات) ويحتوي على توابع الماتلاب التي تربط بين أقسام الخطS_0-S_{12} وإشارات العبور L_1-L_{10} وإشارة الخروج L_e وإشارة الدخول L_h وفقاً للعلاقة (1) المذكورة أعلاه، ويمثل الصندوق CS نظام التحكم الذي يعمل على تغيير حالة الإشارات بحسب مشغولية الأقسام. تستخدم المفاتيح Emergency Stop في هذا التصميم لإيقاف القطار عندما لا يتقيد السائق بالإشارات الضوئية كتجاوزه لإشارة حمراء مثلاً. تستخدم الحالة S_0 فقط لبدء عملية الحجز الآلي للقطارات.

ويبين الجدولان (2) و(3) كيفية تغير حالة الأقسام والإشارات بحسب إشغال القطارات الثلاثة لكل قسم ولنأخذ على سبيل المثال السطر التاسع من الجدولين حيث يكون القطار الثالث في القسم الثاني S_2 وتكون أمامه الإشارة L_2 بلون أخضر أما القطار الثاني فهو في القسم الخامس S_5 وتكون أمامه الإشارة L_5 بلون أخضر أما القطار الأول فهو في القسم الثامن S_8 وتكون أمامه الإشارة L_8 بلون أخضر.

C=Clear, O=Occupied, g=green, r=red, y=yellow

الجدول (2) تغير حالة الإشارات الضوئية L_1-L_{10}

الإشارات											
Trains	**L_e**	**L_1**	**L_2**	**L_3**	**L_4**	**L_5**	**L_6**	**L_7**	**L_8**	**L_9**	**L_{10}**
non	r	g									
T_1	g/r	g									
T_1	r	r	g								
T_1	r	y	r	g							
T_2+ T_1	g/r	g	y	r	g						
T_2+ T_1	r	r	g	y	r	g					
T_2+ T_1	r	y	r	g	y	r	g				
T_3+T_2+T_1	g/r	g	y	r	g	y	r	g			

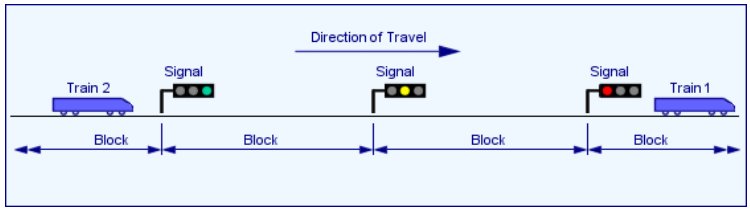
$T_3+T_2+T_1$	r	r	g	y	r	g	y	r	g		
$T_3+T_2+T_1$	r	y	r	g	y	r	g	y	r	g	
$T_3+T_2+T_1$	r	g	y	r	g	y	r	g	y	r	g
$T_3+T_2+T_1$	r			g	y	r	g	y	r	g	y	R
T_3+T_2	r				g	y	r	g	y	r	g	y
T_3+T_2	r					g	y	r	g	y	r	g
T_3+T_2	r						g	y	r	g	y	R
T_3	r							g	y	r	g	y
T_3	r								g	y	r	g
T_3	r									g	y	R
non	r										g	y

الجدول (3) تغير حالة أقسام الخط S_1-S_{11}

	أقسام الخط										
Trains	**S_1**	**S_2**	**S_3**	**S_4**	**S_5**	**S_6**	**S_7**	**S_8**	**S_9**	**S_{10}**	**S_{11}**
non	C										
T_1	O	C									
T_1	C	O	C								
T_1	C	C	O	C							
T_2+T_1	O	C	C	O	C						
T_2+T_1	C	O	C	C	O	C					
T_2+T_1	C	C	O	C	C	O	C				
$T_3+T_2+T_1$	O	C	C	O	C	C	O	C			
$T_3+T_2+T_1$	C	O	C	C	O	C	C	O	C		
$T_3+T_2+T_1$		C	O	C	C	O	C	C	O	C	
$T_3+T_2+T_1$			C	O	C	C	O	C	C	O	C
$T_3+T_2+T_1$				C	O	C	C	O	C	C	O
T_3+T_2					C	O	C	C	O	C	C
T_3+T_2						C	O	C	C	O	C
T_3+T_2							C	O	C	C	O
T_3								C	O	C	C
T_3									C	O	C
T_3										C	O
non											C

ويمثل الشكل (5) وجود قطارين متتابعين على الخط مع تتابع ألوان الإشارات الضوئية وفقاً لإشغال القطارين للأقسام أي تكون الإشارة خلف القطار الأول بلون أحمر لتمنع دخول قطار آخر إلى هذا القسم لأنه مشغول والإشارة التي تسبقها بلون أصفر أي أنَّ هناك قسماً واحداً خالٍ ويمكن للقطار العبور إليه ولكن بسرعة مخفضة وأما الإشارة السابقة فهي بلون أخضر أي يمكن للقطار التالي أن يعبر لهذا

القسم وبالسرعة النظامية وهذا ما تم محاكاته من خلال توابع الماتلاب وتطبيقه على حركة ثلاثة قطارات متتابعة.



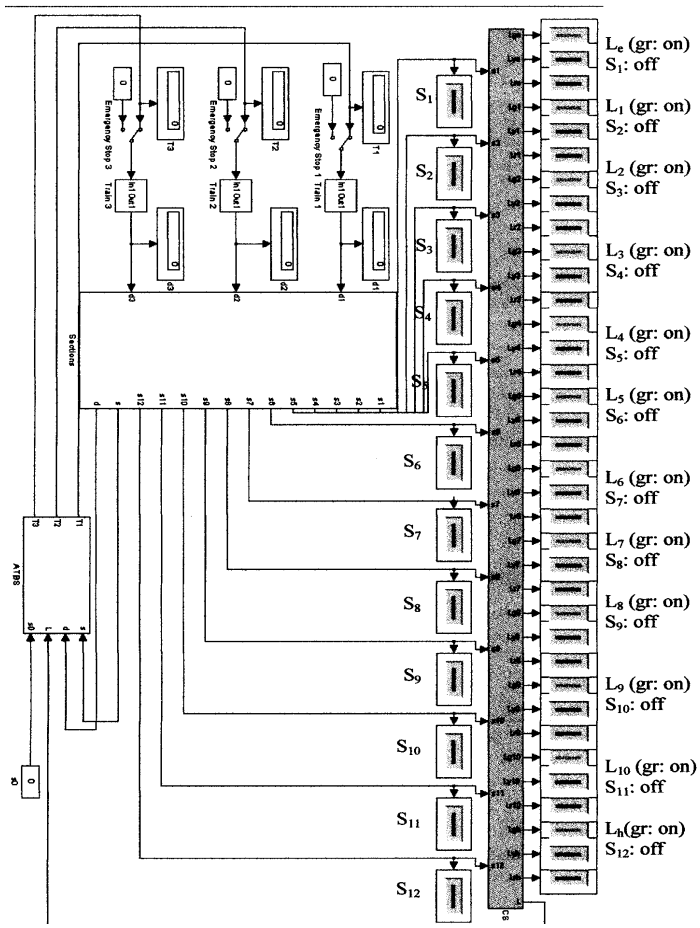
الشكل (5) تمثيل لحركة قطارين متتابعين

نلاحظ من الشكل (6) أنَّه عند بداية عمل النظام تكون الأقسام جميعها S_0-S_{12} غير مشغولة (تمثل الليدات المطفأة off حالة عدم إشغال القسم وعند اتقاد اللون الأحمر on يكون القسم مشغول) وتكون الإشارات الخضراء L_1-L_{10} لجميع الأقسام مفعلة (gr:on). تمثل الصناديق T1،T2، T3 عداد لسرعة القطارات الثلاثة وتمثل الصناديق d1،d2، d3 عداد المسافة للقطارات الثلاثة ويمثل الصندوقIn Out تابع مقارنة مسافة الأمان وهي /2000/ م أي ما يعادل قسمين.

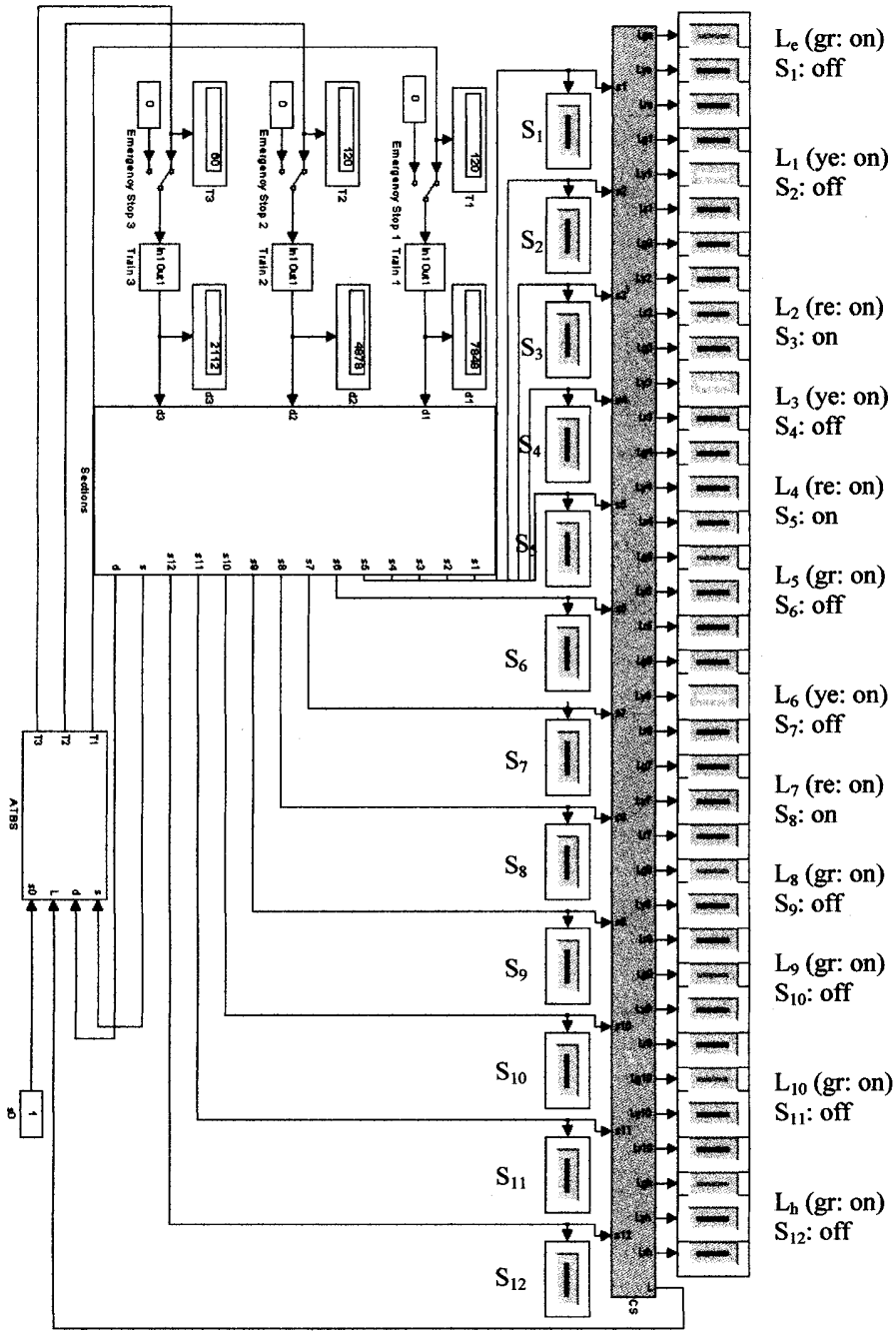
عندما يبدأ النظام بالعمل تبدأ الأقسام بالانشغال وتبدأ الإشارات بالتغير تبعاً لحالة الأقسام كما هو مبين في الشكل (7).

نلاحظ من الشكل (7) إمكانية مراقبة حركة القطارات على الخط الحديدي ومعرفة حالة الإشارات الضوئية لكلِّ قسمٍ من أقسام الخط الحديدي إضافة إلى إمكانية تحديد سرعات القطارات آلياً وتسيير قطارٍ جديدٍ آلياً وإيقاف قطارٍ يدوياً في حالة الخطر. كما نلاحظ من الشكل (7) أن القطار الأول موجود في القسم الثامن حيث يضيء الليد الخاص بالقسم الثامن S8 باللون الأحمر(re:on) وتكون جميع الأقسام أمام القطار الأول غير مشغولة (off) أما القطار الثاني فهو يشغل القسم الخامس وبالتالي يضيء الليد الخاص بالقسم الخامس S5 باللون الأحمر (re:on) ويكون أمامه قسمين فقط غير مشغولين (off) وبالتالي تكون الإشارتين L8 وL5 خضراء (gr:on) ويمكن للقطارين الموجودين في القسمين الثامن والخامس السير بسرعة 120 كم/سا. أما بالنسبة للقطار الثالث فهو في القسم الثالث ويكون الليد S3 بلون أحمر(re:on) ويكون أمامه قسم واحد غير مشغول (off) وبالتالي تكون الإشارة L3

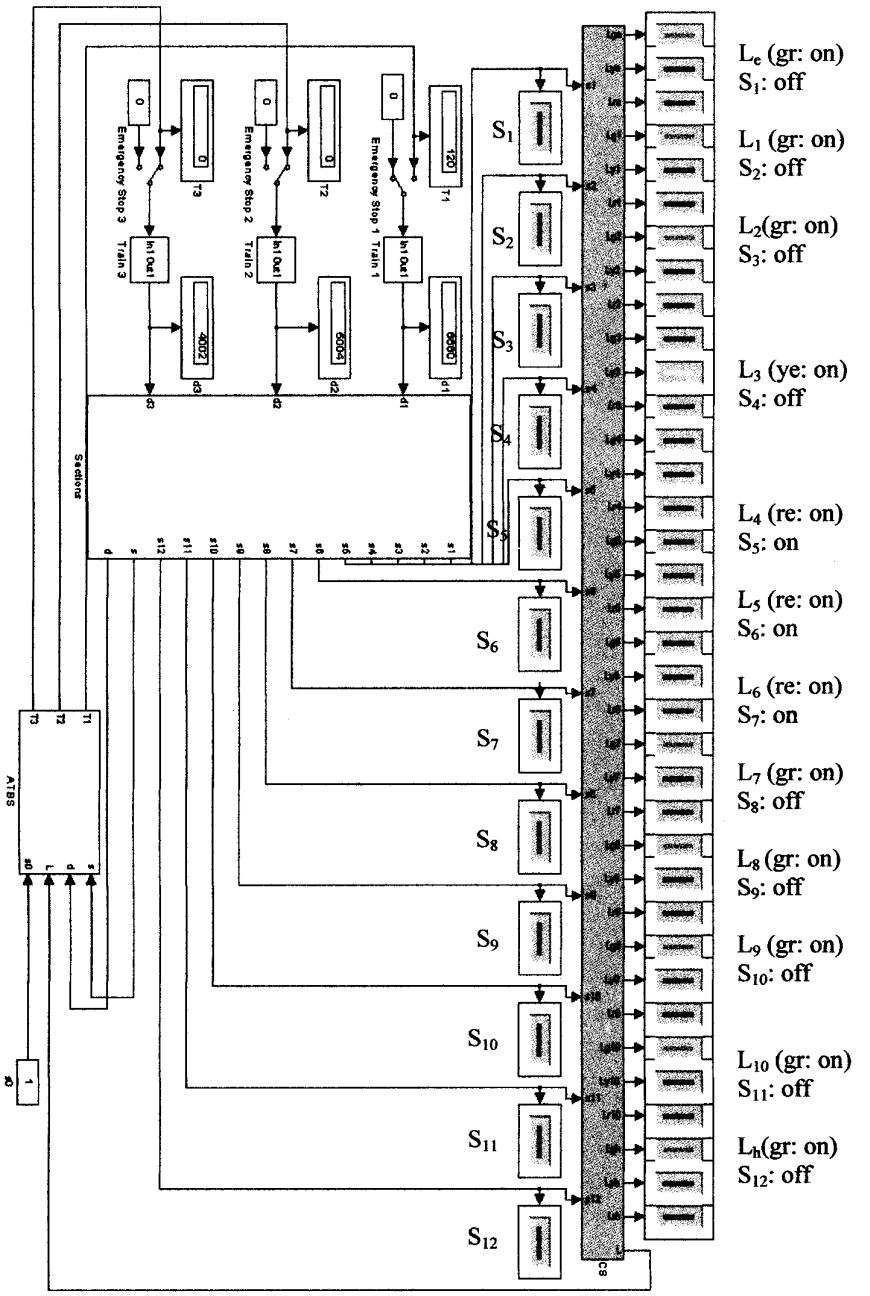
صفراء (ye:on) ويمكن للقطار الموجود في القسم الثالث السير بسرعة مخفضة 60 كم/سا. بفرض أن القطار الأول قد توقف لسبب ما وهو على سبيل المثال في القسم السابع S7 سيتوقف القطار الثاني في القسم السادس S6 والقطار الثالث في القسم الخامس S5 وبالتالي تكون الإشارات L6 و L5 حمراء (re:on) أي أنَّ جميع القطارات التالية سوف تتوقف تباعاً دون حدوث تصادم فيما بينها كما هو مبين في الشكل (8) وفي حال عدم توقف أحد القطارات لسبب ما يتمُّ إيقافه يدوياً عن طريق مفاتيح Emergency Stop.



الشكل (6): تمثيل نظام الحجز الآلي ومراقبة حركة القطارات في الماتلاب



الشكل (7): نظام الحجز الآلي ومراقبة حركة القطارات أثناء عمله



الشكل (8): حالة الخط الحديدي والإشارات عند توقف قطار لسبب ما

الخاتمة

تمَّ في هذا العمل تطوير نظام حجز آلي ومراقبة حركة القطارات على خطٍ

حديدي. يسمح هذا النظام بتسيير عدة قطارات متتالية على الخط الحديدي والتحكم بحركتها دون حدوث تصادم فيما بينها.

تمَّ اختبار هذا النظام في الماتلاب وبينت نتائج الاختبار أنَّه يمكن تسيير أكثر من قطارّ متتالٍ على الخط الحديدي بأمان في حال توفرت المعلومات اللازمة عن حركة القطارات على الخط الحديدي. يمكن عملياً تأمين هذه المعلومات باستخدام شبكةٍ لنقل المعلومات بواسطة الكابل الضوئي أو الشبكة اللاسلكية.

المراجع

1- KAWAGUCHI K.; KOMAKI T.; YAMADA T.; FUKUSHIMA T., 1997– **Recent Trends in Train Traffic Control Systems**, *HITACHI REVIEW*, **46(2),** 85–88.

2- المؤسسة العامة للخطوط الحديدية السورية بحلب

3- Siemens Transportation Systems, 2002- **ZUB 200 Automatic Train control System**, www.siemens.com/vt, 12.

4- FENG LI.; ZIYOU G.; KEPING LI.; LIXING Y., 2008- **Efficient Scheduling of Railway Traffic based on Global Information of Train**, Transportation Research Part B, 23.

5- ZHOU X.; ZHONG M., 2007- **Single-Track Train Timetabling with Guaranteed Optimality: Branch-and-Bound Algorithms with Enhanced Lower Bounds**. Transportation Research Part B, 21.

6- CORDEAU J.F., TOTH P., VIGO D., 1998- **A Survey of Optimization Models for Train Routing and Scheduling.** *Transportation Science* **32(4),** 380–404.

7- IYER R.J.; GHOSH S., 1995- **DARYN – A Distributed Decision-Making Algorithm for Railway Networks: Modeling and Simulation**. *IEEE Transactions on Vehicle Technology***, 44**, 180–191.