جامعة دمشق
كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية
قسم هندسة الحواسيب والأتمتة

تطوير آلية تحكم بالإقفال الميت في أنظمة التصنيع المؤتمتة باستخدام شبكات بتري والذكاء الصنعي

Developing a Deadlock Control Mechanism in Automated Manufacturing Systems Using Petri Nets and Artificial Intelligence

إعداد: م. مهدي عليوي

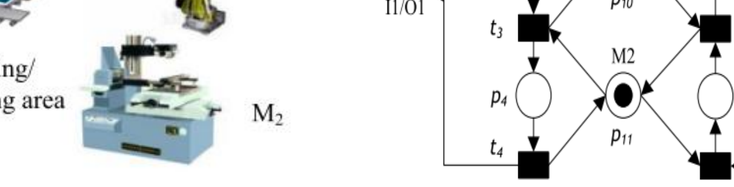
بأشراف : د. هيام خدام

الملخص

يمكن لأنظمة التصنيع الآلية معالجة منتجات متنوعة وفقاً لتسلسل عمليات محددة مسبقاً، ومع ذلك يتوقف النظام جزئياً أو كلياً بسبب حدوث الإقفال الميت نظراً لوجود عدد محدد من الموارد، ما يؤدي إلى عدم اكتمال بعض العمليات، لذلك فإن معالجة الإقفال الميت في الأنظمة الصناعية أمراً في غاية الأهمية لضمان صحة وكفاءة وموثوقية العمليات الصناعية، وأيضاً من أجل تجنب تدهور الأداء وتدهور المنتجات الذي يمكن أن يلحق الضرر بصحة الإنسان. في هذا البحث، اقتُرحت آليتين منفصلتين لمعالجة الإقفال الميت بالاعتماد على شبكات بتري والذكاء الصنعي باستخدام مراقب خارجي ذكي. تعتمد الآلية الأولى على تحديد حالات الإقفال انطلاقاً من الحالة الحالية لشبكة بتري والقدح المطلوب، في حين تعتمد الآلية الثانية على توقع الانتقال المطلوب تفعيله فيما إذ كان يؤدي إلى حالة الإقفال انطلاقاً من الانتقالات الأخيرة المفعلة.

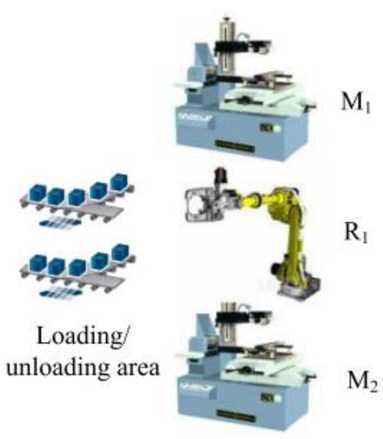
القسم النظري

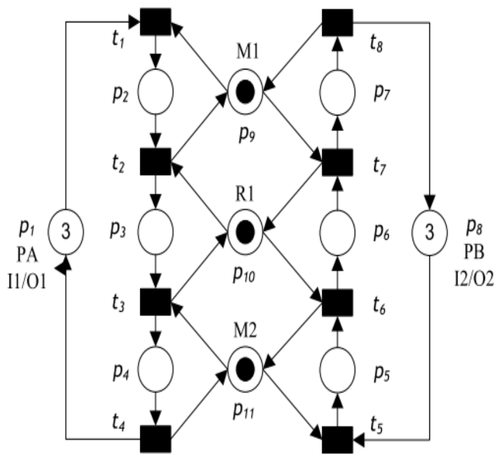
شبكة بتري عبارة عن رسم بياني موجه ثنائي الأجزاء له مكونين: هيكل الشبكة والعلامة الأولية : هيكل الشبكة يحوي نوعين من العقد: الأماكن(Places) والانتقالات (Transitions) وهناك أقواس موجهة بينهما، يتم تمثيل المكان بيانياً بدائرة والانتقال بمربع أو شريط، ويمكن أن يحتوي المكان على رموز مميزة التي يشار إليها بنقاط سوداء أو عدد صحيح يمثل عددها، إذ توفر شبكات بتري بنية مناسبة لتمثيل الأنظمة فضلاً عن أنها تستخدم جبر المصفوفات الخطية والذي يجعلها مفيدة ولاسيما لنمذجة وتحليل ومراقبة أنظمة الأحداث المتقطعة.



القسم العملي

تم الاعتماد على البنية S^3PR (system of simple sequential processes with resources)، إذ تحوي على ثلاث موارد الآلة الأولى M1 والآلة الثانية M2 وروبوت R1، وبوجود نوعين من المنتجات A و B، وأن كل مورد يحوي على عينة واحدة فقط.

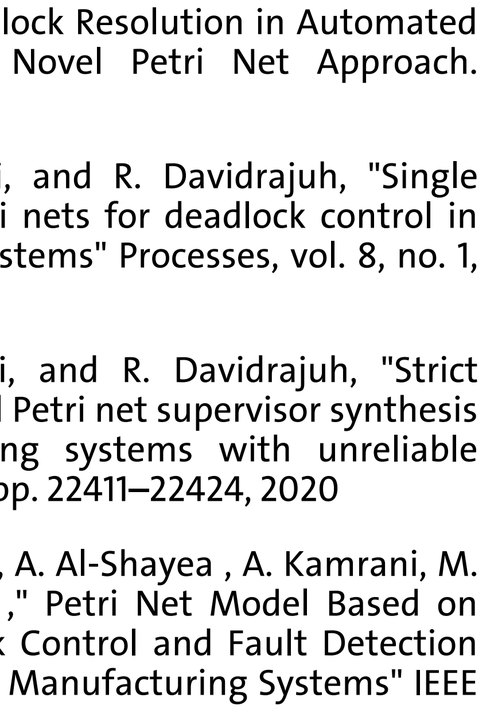




النتائج والمناقشة

إن معالجة الإقفال الميت في أنظمة التصنيع المؤتمتة باستخدام الذكاء الصنعي قابل لتحقق. وأظهرت النتائج إمكانية استخدام خوارزميات الذكاء الصنعي للكشف عن الحالة التالية للشبكة من ثم يمكن تجنب حدوث الإقفال الميت من خلال تأخير القدح المطلوب الذي يؤدي إلى حالة غير مرغوبة. باستخدام المراقب الخارجي الذكي تم تقليل تعقيد البنية الهيكلية لشبكات بتري مع ضمان عدم حدوث الإقفال الميت فيها. أثبتت الآلية الأولى نجاحها بالتحكم بالإقفال الميت وذلك بعد تجارب عدّة. أثبتت الآلية الثانية نجاحها في تقليل حدوث الإقفال الميت، ولكن يمكن أن تصل الشبكة إلى حالة الإقفال بتأثير من انتقالات من مراتب أعلى. إذ يمكن الاعتماد على كلا من النماذج الذكية LSTM، GRU في بناء النموذج الذكي المعتمد على الآلية الثانية، ومن الأفضل استخدام GRUما ينعكس إيجاباً على الزمن.

البارامترات	الآلية المقترحة الأولى	Kaid et al [34]	Kaid et al [32]	Chen et al. [31]	Ezpeleta et al. [30]
عدد المراقبين	1	1	1	2	3
المراقب	النموذج الذكي	شبكة بتري الملونة	شبكة بتري الملونة	شبكة بتري	شبكة بتري
الأقواس المضافة لشبكة بتري	0	7	7	8	12
شروط الانتقالات	شبكة بتري + النموذج الذكي	شبكة بتري الملونة	شبكة بتري الملونة	شبكة بتري	شبكة بتري
طريقة التحليل المعتمدة	تحليل مخطط الوصولية	تحليل البنية	تحليل البنية	تحليل البنية	تحليل البنية
عدد العلامات النهائية	15	15	15	15	15
الحيوية	محققة	محققة	محققة	محققة	محققة



المراجع

- Z. W. Li and M. C. Zhou, Deadlock Resolution in Automated Manufacturing Systems: A Novel Petri Net Approach. London, U.K.: Springer, 2009.
- H. Kaid, A. Al-Ahmari, Z. Li, and R. Davidrajuh, "Single controller based colored Petri nets for deadlock control in automated manufacturing systems" Processes, vol. 8, no. 1, p. 21, Dec. 2019.
- A. Al-Ahmari, H. Kaid, Z. Li, and R. Davidrajuh, "Strict minimal siphon based colored Petri net supervisor synthesis for automated manufacturing systems with unreliable resources" IEEE Access, vol. 8, pp. 22411–22424, 2020
- H. Kaid, A. AL-Ahmari ,E. Nasr, A. Al-Shayea , A. Kamrani, M. Noman , AND H. Mahmoud ," Petri Net Model Based on Neural Network for Deadlock Control and Fault Detection and Treatment in Automated Manufacturing Systems" IEEE Access, May 27, 2020