جامعة دمشق
كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية
قسم هندسة الحواسيب والأتمتة

تصميم متحكم عصبوني تكيفي للنظم اللاخطية غير المؤكدة

Designing an Adaptive Neural Controller for Uncertain Nonlinear Systems

م. باسل حميد خشفه

د.م. يزن أصلان

الملخص

إن التحكم بالنظم الخطية واللاخطية يشكل أحد التحديات الرئيسية في مجال هندسة التحكم والأتمتة فهي تتصف بديناميكيات معقدة، انطلاقاً من ذلك يعمل البحث على تصميم متحكم عصبوني تكيفي للتحكم بنظم لاخطية غير مؤكدة يعالج المتحكم عدة مشاكل أولها عدم اليقين المتمثل بتوابع لاخطية غير معروفة وذلك باستخدام الشبكات العصبونية بتوابع ذات أساس شعاعي ومعالجة حالة التأخير الزمني في إشارة الدخل بالاستعانة بنظام مساعد ديناميكي يضاف لكافة متحولات الحالة للنظام المدروس ويراعي المتحكم حالة وجود قيود على متحولات الحالة بالاعتماد على تابع ليابونوف المحدود وكما أن المتحكم يتعامل مع قيد الاشباع المطبق على إشارة الدخل باستخدام نظام مساعد ديناميكي يضاف لأخر متحول حالة في النظام.

القسم النظري

إن المتحكم التكيفي هو متحكم يمكنه تعديل سلوكه استجابةً للتغيرات الديناميكية للنظام المتحكم به، تاريخياً إن التحكم التكيفي له تاريخ ملون من انخفاض وارتفاع ومناقشات شديدة في المجتمع البحثي، ظهر في خمسينيات القرن الماضي بمحاولات لتصميم نظام قيادة ذاتية للطائرات فائقة السرعة، حيث أظهرت نظم القيادة الذاتية المعتمدة على متحكمات ذات أرباح ثابتة وعلى متحكمات التغذية الخلفية نتائج جيدة في ظروف تشغيل ثابتة ولكن ليس على مدى تغيرات عديدة في ظروف التشغيل بالتالي كان هناك حاجة إلى متحكم يتكيف مع تغير ظروف التشغيل

كانت العديد من الأبحاث في الخمسينات وأوائل الستينات من القرن الماضي تسهم في توضيح مفهوم التحكم التكيفي ولكن كان هناك صعوبة في تنفيذ المتحكمات التكيفية لأن المعالجة كانت تناظرية في تلك الفترة، حدثت تحسينات كبيرة عند ظهور الحواسيب المصغرة في السبعينات ومع ذلك بقي محيط التطبيق العملي صغيراً حتى ظهرت الحواسيب الرقمية فساهم ذلك في تقدم كبير في تطبيق المتحكمات التكيفية وتحسين أداء الأنظمة الخطية واللاخطية.

القسم العملي

تم اختبار أداء المتحكم واثبات قدرته على التحكم بأنظمة تعاني من المشاكل التي يعالجها ويثبت استقرار الأنظمة، تم اختبار المتحكم المقترح على أربعة أنظمة مختلفة التعقيد وأولها كان على مثال رقمي معقد ، أما النظام الثاني فهو محرك التيار المستمر مع حمل ممثل بساق وكتلة، والنظام الثالث هو ذراع روبوتية بدرجة حرية واحدة و آخيراً الرابع هو نظام كتلة نابض محدد.

النتائج والمناقشة

تم تصميم متحكم عصبوني تكيفي لنظم لاخطية غير مؤكدة من الدرجة n باستخدام تقنية التغذية الراجعة (Backstepping) المعتمدة على تابع ليابونوف.

يعالج المتحكم حالة عدم اليقين في النظام (توابع لاخطية غير معروفة) باستخدام الشبكات العصبونية بتوابع ذات أساس شعاعي.

يتعامل المتحكم مع حالة التأخير الزمني في إشارة الدخل (إشارة التحكم) باستخدام نظام مساعد مرتبط بكل متحولات الحالة للنظام.

يتعامل المتحكم مع حالة الاشباع على إشارة الدخل (إشارة التحكم) باستخدام نظام مساعد مضاف لآخر متحول حالة من متحولات النظام.

يراعي المتحكم حالة وجود قيود على متحولات الحالة للنظام بالاستعانة بتابع ليابونوف المحدود (Barrier Lyapunov Function).

طُبقَ المتحكم على عدة أنظمة (محرك التيار المستمر مع حمَل- ذراع روبوتية بدرجة حرية واحدة – نظام كتلة نابض مخمد – نظام لاخطي معقد).

المراجع

- [1] Liu S, Wang H, Kang S, Adaptive neural control for non-strict-feedback nonlinear systems with input delay. Inf. Sci. 514, C (Apr 2020), 605–616. https://doi.org/10.1016/j.ins.2019.09.043
- [2] Yang Z, Zhang X, Zong X, Wang G. Adaptive Fuzzy Control for Non-Strict Feedback Nonlinear Systems with Input Delay and Full State Constraints. Paper presented at: Proceedings of the 2020 published by Elsevier. This manuscript is made available under the Elsevier user license https://www.elsevier.com/open-access/userlicense/1.0/
- [3] L. Ma and L. Liu, Adaptive neural network control design for uncertain nonstrict feedback nonlinear system with state constraints, IEEE Trans. Syst., Man, Cybern., Syst., to be published, doi: 10.1109/TSMC.2019.2922393.
- [4] Xu Y, Chen B. Adaptive neural network control for nonlinear non-strict feedback time-delay systems. Systems Science & Control Engineering, DOI: 10.1080/21642583.2020.1833787.
- [5] Li D-P, Li D-J. Adaptive neural tracking control for nonlinear time-delay systems with full state constraints. IEEE Trans. Syst., Man,
- Cybern., Syst., vol. 47, no. 7, pp. 1590–1601, Jul. 2017.