جامعة دمشق
كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية
قسم هندسة الحواسيب والأتمتة

# تطوير منظم ذاتي التوليف عائم للنظم اللاخطية المتغيرة في الزمن

# Developing a Fuzzy Self-Tuning Regulator for Time-Variant Non-Linear Systems

إعداد: م. مروه الصفدي
المشرف: د. م. هيام خدّام

## الملخص

يعيق السلوك اللاخطي للنظام عملية التحكم والقدرة على التنبؤ بالسلوك الديناميكي للنظام، ولتحقيق أداء أفضل يتم إدخال مفاهيم التحكم التكيفي لضبط بارامترات المتحكم، ولتبسيط العمليات الحسابية المرتبطة بضبط البارامترات يتم استخدام المنطق العائم. يهدُف البحث إلى تحسين أداء النظم اللاخطية المعقدة بتطوير خوارزمية المنظم ذاتي التوليف باستخدام المنطق العائم. يتناول البحث التحكم بدرجة حرارة نظام المفاعل الكيميائي ذي التقليب المستمر باستخدام خوارزمية المنظم ذاتي التوليف بشكليها الصريح والضمني. ومن ثم تم تطوير خوارزمية المنظم ذاتي التوليف الضمنية باستخدام المنطق العائم. أثبت البحث أن خوارزمية المنظم ذاتي التوليف العائم المقترحة حققت الاستجابة المرغوبة لنظام CSTR اللاخطي بدقة ودون تعقيدات حسابية حيث تم تحسين زمن الوصول مقارنة مع الخوارزمية الصريحة والضمنية بنسبة 21% وزمن الاستقرار بنسبة 11%.

## القسم النظري

يعد التحكم التكيفي شكل من أشكال التحكم غير الخطي يتم فيه تعديل بارامترات المتحكم تلقائيًا للتكيف مع بارامترات النظام المتغيرة مع الزمن أو غير الدقيقة وذلك للحصول على أداء أفضل.

ولتوضيح أهمية التحكم التكيفي نطرح المثال التالي:

أثناء طيران الطائرة ستنخفض كتلتها ببطء نتيجة لاستهلاك الوقود لذلك نحن بحاجة إلى قانون تحكم يتكيف مع مثل هذه الظروف المتغيرة.

## القسم العملي

تم التحكم بدرجة حرارة المفاعل الكيميائي ذي التقليب المستمر باستخدام خوارزمية المنظم ذاتي التوليف الصريحة و الضمنية كما تمت مقارنة أداء النظام المدروس بوجود الخوارزمية الصريحة مع أدائه في حالة الخوارزمية الضمنية بجميع الحالات المدروسة من خلال معايير المقارنة (الخطأ الساكن، التجاوز، زمن الوصول، زمن الاستقرار) حيث تبين النتائج أن الخوارزمية الضمنية عند استخدام تابع تحويل من الدرجة الثانية أعطت نفس نتائج الخوارزمية الصريحة ودون الحاجة لنموذج رياضي للنظام.

ومن ثمّ تم اقتراح تطوير للخوارزمية الضمنية باستخدام المنطق العائم حيث تم تمثيل بارامترات المنظم ذاتي التوليف بشكل عائم كما تمت مقارنة أداء النظام المدروس بوجود الخوارزمية المقترحة مع أدائه في حالة الخوارزمية الضمنية بجميع الحالات المدروسة من خلال معايير المقارنة .

## النتائج والمناقشة

من دراسة ومناقشة الجدول التالي نستنتج :

- تخمين البارامترات باستخدام LSE لا يؤدي إلى الغاء الخطأ الساكن بينما تخمين البارامترات باستخدام RLSE يؤدي إلى الغاء الخطأ الساكن وذلك لأن طريقة مخمن التربيع الأصغري تعتمد على تجميع بيانات دخل وخرج النظام وحساب بارامتراته دفعة واحدة.
- خوارزمية المنظم ذاتي التوليف الضمنية أعطت نفس نتائج الخوارزمية الصريحة عند استخدام تابع التحويل المرغوب من الدرجة الثانية دون الحاجة إلى تمثيل النظام بنموذج رياضي لذلك تم تطوير الخوارزمية الضمنية.
- خوارزمية المنظم ذاتي التوليف العائم المقترحة أدت إلى سرعة الوصول للاستقرار حيث تم تحسين زمن الوصول مقارنة مع الخوارزمية الضمنية بنسبة 21% وزمن الاستقرار بنسبة 11%

| | | Overshoot | Settling Time | Rise Time | Static Error |
|---|---|---|---|---|---|
| Desired Response(degree2) | | 0 | 4.25 | 1.8 | 0 |
| Desired Response(degree3) | | 0 | 6.4 | 2.1 | 0 |
| Reference[2] | | 0 | 11.8064 | 4.2045 | 0 |
| STR Indirect | CSTR(degree3)(offline) | 18.736 | 5.0487 | 0.244 | 60 |
| | CSTR(degree3)(online) | 4.575 | 28.951 | 0.252 | 0 |
| | CSTR(degree2)(offline) | 0 | 3.8438 | 0.9766 | 35 |
| | CSTR(degree2) (online) | 0.0095 | 17.6639 | 9.7333 | 0 |
| STR Direct | CSTR(degree3)(online) | 12.494 | 19.124 | 0.204 | 0 |
| | CSTR(degree2)(online) | 0 | 17.7252 | 9.8059 | 0 |
| STR Fuzzy 1 | CSTR(degree2)(online) | 0 | 3.8676 | 0.9713 | 0 |
| STR Fuzzy 2 | CSTR(degree2)(online) | 0 | 3.6415 | 0.9545 | 0 |

## المراجع


- T. Shoga, C. Bharatiraja, A. Thelkar ,S.Mitiku and Y. Adedayo, “Self-tuning Regulator Based Cascade Control for Temperature of Exothermic Stirred Tank Reactor” , FME Transactions ,vol. 47,No. 1, pp. 202-211,December. 2018
- R.Reshmi, J.Gnanasoundharam, K.Kotteeswaran, “Design of Self-Tuning Regulator for Non-Linear Unstable System” International Journal of Pure and Applied Mathematics , Vol.118, No. 20 ,pp. 61-66,2018.
- Kagan Koray Ayten ,Ahmet Dumlu, and Aliriza Kaleli, “Real-time implementation of self-tuning regulator control technique for coupled tank industrial process system”, Volume 232, Issue 8,2018
- Yaning Wang, “IBLF-based adaptive finite-time control and modeling for continuous stirred tank reactor with output constraint”, Journal of the Franklin Institute, Volume 359, Issue 16, Pages 8669-8686, November 2022