نظرية الأنظمة التخيلية السلبية غير الخطية

أحمد جمال غلاب

أطروحة مقدمة بإنجاز جزئي
من متطلبات الحصول على درجة الدكتوراه في الفلسفة

كلية الهندسة وتكنولوجيا المعلومات بجامعة نيو ساوث ويلز

11 أبريل، 2021

ملخص الرساله باللغه العربيه

تهدف نظرية التحكم باستخدام التغذية الرجعية إلى التحكم في مدخل النظام للحصول على مخرج مرغوب فيه وجعل النظام قوياً في مواجهة الديناميكيات غير المُنمَّذجة والاضطرابات الخارجية. في التطبيقات الواقعية، تظهر معظم الأنظمة الفيزيائية والهندسية سلوكاً غير خطياً مما يجعل تصميم المتحكم صعباً بشكل عام. تعد "النظرية التقليدية" للتشتت واحد من أهم أدوات التحكم في مجال تصميم التحكم الغير خطي للأنظمة والتي تعمل على توصيف تشتت الطاقة بالنسبة إلى معدل طاقة المزودة من البيئة الخارجية. ومع ذلك، العديد من الأنظمة التي تشتت الطاقة بالمعنى الفعلي لا تندرج ضمن هذا الإطار التقليدي. على سبيل المثال، الهياكل المرنة مع محركات القوى وأجهزة استشعار المواقع المتمركزة في نفس المكان تكون تشتتية من المدخل إلى معدل تغير دالة المخرج مع الزمن بدلاً من دالة المخرج نفسها كما هو الحال في نظرية التوهج التقليدية. ليس دائماً من السهل تحليل أداء النظام عندما تنطوي دالة تزويد النظام من البيئة الخارجية على مشتقات للمدخل والمخرج.

في هذا الصدد، أثبتت نظرية Negative Imaginary Systems الفعالية في تحليل وتصميم التحكم للنظام الزمني الثابت الخطي الذي يكون تشتتيا من المدخل إلى مشتق الإخراج بالنسبة للزمن. أصبحت نظرية Negative Imaginary Systems أداة نظرية فعالة للأنظمة معمول بها حيث تم استخدامها في مجموعة واسعة من تطبيقات التحكم بما في ذلك مراقبة الاهتزاز القوية للهيكل المرن، والمجهر الذري القوى، وأنظمة تحديد المواقع على المستوى النانوي.

في هذه الرسالة، نهدف إلى تعميم نظرية Negative Imaginary Systems إلى فئة واسعة من الأنظمة غير الخطية. سيتم تقديم تعريف رسمي لخاصية Negative Imaginary في المجال غير الخطي من خلال استدعاء مفهوم جديد للتشتت بمعدل تزويد للطاقة مناسب. يعتبر هذا التصور أكثر تعميماً بكثير من الإطار التقليدي للتشتت القائم.
من خلال التعبير عن Negative Imaginary في المجال الزمني، نحن قادرون على توسيع بعض النتائج الرئيسية الموجودة حاليًا حول Negative Imaginary Systems من النطاق الخطي إلى النطاق غير الخطي. أولاً، سيتم استخدام نهج ليابونوف لدراسة استقرارية أنظمة رجعية موجبة ذات Negative Imaginary في الحالة الخطية تحت مجموعة من الافتراضات النظرية. ثم، ستتم تكييف هذه الافتراضات في الإعداد غير الخطي لتحليل استقرارية أنظمة رجعية موجبة ذات Negative Imaginary غير الخطية باستخدام نظرية ليابونوف وتقنيات التشتت. سيتم توضيح تطبيقية هذه النتائج على مثال عملي أساسي لنظام الكتلة والمرونة غير الخطي.
أخيرًا، تُختتم هذه الرسالة بملخص للتقدم الحالي ومناقشة للتطورات المستقبلية المحتملة لنظرية الأنظمة ذات الأملاح السالبة غير الخطية.