

**University of Mosul**  
**College of Engineering**



# **Comparing between PID and Fuzzy Logic Controllers on a Nonlinear Car Suspension System**

**Mostafa Ibrahim Najm Abdullah**

**M.Sc. Thesis**  
**Mechanical Engineering**

**Supervised by**

**Assistant Professor Dr. Alaa Dahham Younis**  
**Lecturer Dr. Firas Ahmed Majeed Al- rze**

**1444 A.H**

**2023 A.D**

## **Abstract**

The active suspension system offers the best ride quality compared to passive and semi-active systems, based on the evaluated characteristics. In this study, linear and nonlinear active suspension models were designed to enhance the quarter-car active suspension system. To simplify the stability assessment of the system, a second-order system was proposed for both linear and nonlinear cases, containing mass, spring, and damper components with additional nonlinear parts for stiffness and damper in the latter. The state space of the models was presented as a preparation step before conducting the analysis to validate the models.

The primary objective of the research was to compare the ride quality of active suspension systems based on predetermined parameters to evaluate the effectiveness of the vehicle suspension system. The quarter-vehicle model with three evaluation characteristics, including suspension deflection, sprung mass displacement, and unsprung mass displacement, was taken into account. Simulation of these parameters using MATLAB produced performance graphs for the unsprung mass displacement, sprung mass displacement, and suspension deflection. The stability of linear and nonlinear systems was characterized using MATLAB simulations, comparing suspension performance parameters such as rise time ( $t_r$ ), settling time ( $t_s$ ), and peak overshoot ( $M_p$ ). The simulation results of the linear and nonlinear systems indicated a need for improving ride comfort and better road handling.

Various studies have been conducted on suspension control systems, addressing numerous design problems and difficulties. Two types of controllers, namely Proportional-Integral-Derivative (PID) Control and Fuzzy Logic Control (FLC), were proposed to compensate for issues in active suspension systems. The simulation results showed an improvement in the system's performance and stability after applying PID and FLC controllers. The results for  $t_s$  and  $M_p$  for the linear and nonlinear systems after using PID were (1.693 sec, 0.3682 cm, 1.325 sec, 0.02217 cm) and for Fuzzy logic were (1.275 sec, 0.1035 cm, 0.275 sec, 0.014 cm), respectively. Finally, the active suspension system for both linear and nonlinear systems was improved by applying PID and fuzzy logic controller. The results showed that the impact of FLC on the linear and nonlinear systems was better than that of PID control.



جامعة الموصل  
كلية الهندسة

## مقارنة بين المسيطرات PID والمنطق المضرب على نظام تعليق السيارة غير الخطي

مصطفى إبراهيم نجم عبد الله

رسالة ماجستير في علوم

الهندسة الميكانيكية

بإشراف

أستاذ مساعد د. علاء دحام يونس

مدرس د. فراس أحمد مجيد الدرزي

## الخلاصة

يوفر نظام التعليق النشط أفضل جودة للقيادة مقارنة بأنظمة التعليق السلبية وشبه النشطة، ومن السهل الاستدلال بناء على هاتين الخاصيتين اللتين تم تقييمهما. في هذا العمل، يقترح تصميم خطي وغير خطي لنماذج التعليق النشطة من أجل تطوير وتحسين أنظمة ربع السيارة. وبالتالي، يقترح نظام الدرجة الثانية من أجل البساطة لتقييم استقرار النظام في كل من الحالات الخطية وغير الخطية. احتوى النظام الخطي على الكتلة والربيع والمثبط بينما احتوى النظام غير الخطي على نفس المكونات مع إضافة أجزاء غير خطية للصلابة والمثبط. علاوة على ذلك، يتم تقديم مساحة الحالة الخطية وغير الخطية كخطوة تحضير قبل استخدام طرق التحليل للتحقق من صحة النماذج. الهدف الرئيسي من هذه الدراسة هو مقارنة جودة الركوب لأنظمة التعليق النشطة وفقاً للمعايير المحددة مسبقاً من أجل تقييم فعالية نظام تعليق السيارة. أخذ البحث في الاعتبار حقاً طراز السيارة الربع مع ثلاث خصائص تقييم. هذه المتغيرات هي انحراف التعليق، وإزاحة الكتلة المنبثقة، وإزاحة الكتلة غير المنبثقة. تم إنتاج الرسوم البيانية للأداء لإزاحة الكتلة غير المنبثقة، وإزاحة الكتلة المنبثقة، وانحراف التعليق عندما تم محاكاة هذه المعلومات باستخدام برنامج ماتلاب.

بعد ذلك، يتميز استقرار الأنظمة الخطية وغير الخطية باستخدام محاكاة ماتلاب لمقارنة معلمات أداء التعليق مثل وقت الارتفاع (tr)، وتسوية الوقت (ts)، وذروة تجاوز (Mp). وأظهرت نتائج المحاكاة للنظام الخطي وغير الخطي لكل من tr، ts، Mp أن النظام يحتاج إلى تحسين راحة الركوب وتحسين التعامل مع الطريق. تم إجراء العديد من الدراسات حول أنظمة التحكم في التعليق، والتي تغطي مجموعة متنوعة من مشاكل التصميم والصعوبات.

تم اقتراح نوعين من وحدات التحكم وهما التحكم النسبي-المتكامل-المشتق (PID) والتحكم المنطقي الضبابي (Fuzzy logic) من أجل التعويض عن المشكلات في أنظمة التعليق النشطة. بعد ذلك، أظهرت نتائج المحاكاة تحسناً في أداء النظام واستقراره. ومن ثم تصبح النتيجة للنظام الخطي وغير الخطي لكل من tr، ts، Mp بعد استخدام PID (1.693 ثانية، 0.3682 سم، 1.325 ثانية، 0.02217 سم) وأيضاً للمنطق الضبابي (1.275 ثانية، 0.1035 سم، 0.275 ثانية، 0.014 سم) على التوالي. وأخيراً، تم تحسين نظام التعليق النشط لكل من الأنظمة الخطية وغير الخطية من خلال تطبيق PID وتحكم المنطق الضبابي، وقد أظهرت هذه النتائج أن تأثير المنطق المضطرب على النظم الخطية وغير الخطية هو أفضل من نتائج المتحكم PID.