

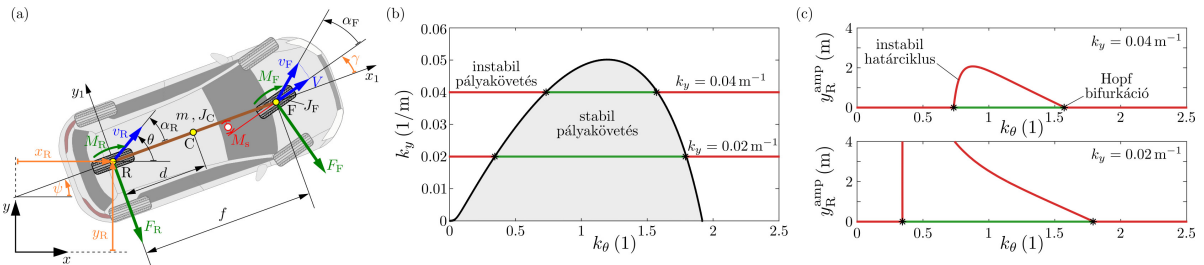
# ÖNVEZETŐ JÁRMŰ PÁLYAKÖVETŐ SZABÁLYOZÁSÁNAK NEMLINEÁRIS VIZSGÁLATA

Vörös Illés<sup>1</sup> és Takács Dénes<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Műszaki Mechanikai Tanszék és  
ELKH-BME Gépek Dinamikája Kutatócsoport  
1111 Budapest, Műegyetem rkp. 5.  
illes.voros@mm.bme.hu, takacs@mm.bme.hu

A fejlett vezetőtámogató rendszerek, mint például a sávtartó és sávváltó asszisztensek, jelentősen csökkenthetik a figyelmetlen sávelhagyásból eredő közúti balesetek számát. Számos különböző megközelítés létezik a kapcsolódó pályakövető szabályozás megtervezésére, az egyszerű geometriai megfontolásoktól a gépi tanuláson alapuló módszerekig [1]. A kapcsolódó szabályozási körök azonban jelentős mennyiségű időkésséssel terheltek, ami csökkenti a szabályozás teljesítményét és stabilitási problémákhoz is vezethet. Másrészt a különböző nemlineáris jelenségeket, mint például a rendszer kezdeti feltételekre való érzékenységet és a periodikus pályák (határciklusok) jelenlétét jellemzően nem veszik figyelembe a hagyományos lineáris szabályozó tervezési módszerek.

Jelen tanulmány egy késleltetett állapot visszacsatoláson alapuló sávtartó szabályozás részletes nemlineáris vizsgálatát mutatja be, különös tekintettel a stabil pályakövetés egyensúlyi helyzete körül megjelenő instabil határciklusokra.



1. ábra. (a) Egynyomú járműmodell. (b) Szabályozóparaméterek stabil tartománya. (c) Szubkritikus Hopf bifurkáció és instabil határciklus megjelenése a stabil tartomány felett.

A számításokhoz az egynyomon haladó járműmodellt (biciklimodell, lásd 1(a) ábra) vesszük alapul, a kormány-szervó tehetetlenségének figyelembevételével [2]. A szabályozás célja az  $x$ -tengely mentén történő egyenesvonalú mozgás biztosítása a kormányszögön keresztül beavatkozva. A kapcsolódó szabályozási törvény a jármű oldalirányú pozícióját ( $y_R$ ) és a GPS szenzor által mérhető haladási szögét ( $\theta$ ) veszi alapul a megkívánt kormányaszög előállításához:

$$\gamma_{\text{des}}(t) = -k_y y_R(t - \tau) - k_\theta \theta(t - \tau), \quad (1)$$

ahol  $k_y$  és  $k_\theta$  a szabályozó erősítési tényezői,  $\tau$  pedig a szabályozási körben jelenlévő időkésség.

A linearizált rendszer stabilitásvizsgálatát elvégezve meghatározható a szabályozóparaméterek stabil tartománya (lásd 1(b) ábra). A dinamikus stabilitásvesztés határán azonban a nemlineáris rendszerben szubkritikus Hopf bifurkáció lép fel, és a stabil egyensúlyi helyzet körül instabil határciklus jelenik meg (1(c) ábra). A stabil pályakövetés vonzási tartományát ezen határciklus szabja meg. Numerikus követési eljárással feltérképezhető az instabil határciklus amplitúdója a szabályozóparaméterek stabil tartománya mentén, ezáltal meghatározva, hogy a szabályozó milyen hangolása esetén lesz a jármű kellően robusztus a nagyobb mértékű perturbációkkal és kezdeti feltételekkel szemben.

Összességében az elért eredmények részletes áttekintést nyújtanak a szabályozott jármű lokális és globális dinamikájáról a szabályozóparaméterek függvényében. Ezt iránymutatásként felhasználva a szabályozó behangolásakor biztosítható a jármű megbízható és robusztus pályakövetése.

## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A szerzők köszönetüket fejezik ki az NKFI-128422 keretében kapott támogatásért.

## HIVATKOZÁSOK

- [1] B. Paden, M. Čáp, Y. Sze Zheng, D. Yershov, E. Frazzoli, A survey of motion planning and control techniques for self-driving urban vehicles, *IEEE Transactions on intelligent vehicles* 1(1):33–55, 2016.
- [2] I. Vörös, G. Orosz, D. Takács, On the global dynamics of path-following control of automated passenger vehicles, *Nonlinear Dynamics* 111(9):8235–8252, 2023.