

ÖNVEZETŐ ELEKTROMOS KÉTKEREKŰ JÁRMŰ EGYENSÚLYOZÁSA

Horváth Hanna Zsófia¹

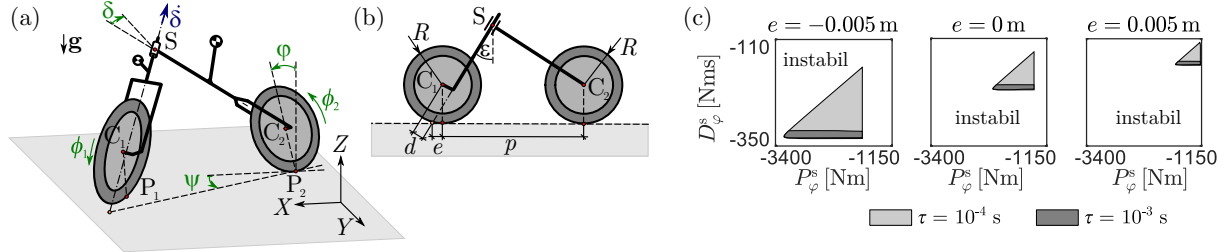
¹ Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Műszaki Mechanikai Tanszék
1111 Budapest, Műegyetem rkp. 5.
hanna.horvath@mm.bme.hu

Takács Dénes²

²ELKH-BME Gépek Dinamikája Kutatócsoport
1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3.
takacs@mm.bme.hu

A járműdinamika területén számos jelenség a járművek oldalirányú stabilitásával áll kapcsolatban. A téma régóta kutatott terület, azonban a vontatott kerekek szitalása (az ún. „shimmy” jelensége), a motorbiciklik imbolygó mozgása, a vontatmányok kígyózása és a bőröndök pattogása a mai napig érdeklődés tárgyát képezik tudományos körökben. Az önvezető járművek fejlesztése pedig olyan új kutatási irányokat jelöl ki, melyek szorosan kapcsolódnak ezekhez a területekhez.

Jelen kutatásban önvezető kétkerekű járművek, pl. motorbiciklik álló helyzetben való egyensúlyozásának lehetőségeit, a stabilitás szempontjából kritikus paramétertartományokat vizsgáljuk. A szakirodalomban megtalálható Whipple-modellt [Whipple, 1899] alapul véve alkottuk meg a kétkerekű jármű térbeli mechanikai modelljét (ld. az 1(a). ábrát), majd a geometriai és kinematikai kényszereket figyelembevéve levezettük a nemlineáris mozgásegyenleteket a Kane-egyenletek [Kane, 1985] segítségével. Az 1(b). ábra a fontosabb geometriai paramétereket, így például az e utánfutást mutatja.



1. ábra. (a) Motorbicikli mechanikai modellje, (b) fontosabb geometriai paraméterek oldalnézetben, (c) stabilitási térrépek negatív, nulla és pozitív utánfutás esetén.

A linearizált mozgásegyenletek az $M\ddot{\mathbf{x}} + \mathbf{K}\mathbf{x} = \mathbf{Q}$ alakban írhatóak fel, ahol $\mathbf{M}$ a tömegmátrix, $\mathbf{K}$ a merevségi mátrix, $\mathbf{x} = [\varphi \ \delta]^T$ az állapotváltozók vektora, φ az ún. oldaldőlési szög, δ a kormányaszög, $\mathbf{Q} = [0 \ M^s]^T$ és M^s a belső kormánynyomaték. A függőleges helyzetben való egyensúlyozás biztosításához egy lineáris, teljes állapotviszacsatolást tartalmazó kormány szabályozó algoritmust alkalmazhatunk, figyelembevéve a szabályozókörben fellépő τ időkést:

$$M^s = -P_\varphi^s \varphi(t - \tau) - P_\delta^s \delta(t - \tau) - D_\varphi^s \dot{\varphi}(t - \tau) - D_\delta^s \dot{\delta}(t - \tau), \quad (1)$$

ahol P_φ^s , P_δ^s , D_φ^s és D_δ^s az erősítési tényezők. Az időkést figyelembevéve ($\tau > 0$), a lineáris stabilitási térrépek pl. a szemi-diszkrétizáció [Insperger, 2011] módszerével rajzolhatóak fel, amennyiben két erősítési tényező (P_δ^s , D_δ^s) és a geometriai paraméterek értékét rögzítjük [Szabo, 2021]. Az 1(c). ábrán szűrkevel a lineárisan stabil területek láthatóak negatív, nulla és pozitív utánfutás esetén. A vizsgálat alapján elmondható, hogy az egyensúlyozási feladat szempontjából a negatív utánfutás előnyös, azzal a lineárisan stabil tartomány jelentősen nagyobb.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kutatást a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs hivatal NKFI-128422 számú pályázata támogatta. A Kulturális és Innovációs Minisztérium ÚNKP-22-3-II-BME-101 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.

HIVATKOZÁSOK

- [Kane, 1985] Kane, T. R., & Levinson, D. A., (1985). *Dynamics: Theory and Applications*. McGraw-Hill.
- [Insperger, 2011] Insperger, T. & Stepan, G., (2011). *Semi-discretization for Time-Delay Systems*. Springer, New York.
- [Szabo, 2021] Szabo, A., Horvath, H. Z., & Takacs, D. (2021, December 12-15). Simplified mechanical model for balancing a motorbike with steering at zero speed. *ECCOMAS Thematic Conference on Multibody Dynamics*, Budapest, Hungary.
- [Whipple, 1899] Whipple, F. J. W. (1899). The Stability of the Motion of a Bicycle. *Quart. J. Pure Appl. Math.*, 312–348.