

Személygépjárművek dinamikai modellezési eljárásainak áttekintése

Survey of the Dynamic Modeling Methods of Light Vehicles

K. DEÁK¹, S. HAJDU², A. SZÁNTÓ³

^{1,2,3}Debreceni Egyetem, Műszaki Kar, Gépészmérnöki Tanszék, 4028 Debrecen, Ótemető u. 2-4.

¹tanársegéd, deak.krisztian@eng.unideb.hu,

²egyetemi docens, hajdusandor@eng.unideb.hu,

³MSc hallgató, andras.szanto.0503@gmail.com

Absztrakt. A járműdinamikai modellek a modell egyszerűsítése alapján két csoportra oszthatók. Vannak egyszerűsített modellek, amelyek során elhanyagolásokkal élünk: ezek jellemzően a hossz-, oldal- és függőleges irányok közül nem tartalmazzák az összes irányt. Az egyszerűsített modellekre több ok miatt is szükség lehet: vannak szabályozási, becslési, valamint analízis módszerek, amelyek csak egyszerűsített modellek alapján alkalmazhatók, valamint a számítási idő miatt is szükség lehet egyszerűsítésre. Az egyszerűsített modellek mellett léteznek valós modellek, amelyek célja egy virtuális plant biztosítása a valós járműről, virtual prototyping alapú fejlesztésekhez. Ebben a cikkben egy rövid bevezetés után néhány egyszerűsített járműmodell kerül bemutatásra.

Kulcsszavak: járműdinamika, egyszerűsített modellek, valós modellek

Abstract. Vehicle dynamics models can be classified into two groups based on the model simplification. There are simplified models based on neglects, these models do not contain all body directions: longitudinal, lateral and vertical directions. There are several reasons for the simplification: control, estimation and analysis methods can be used only with simplified models, or another reason is the computational cost. Apart from simplified models, there are detailed/truth vehicle dynamics models which aim is to provide a virtual plant of the real vehicle for virtual prototype-based development. In this paper, some simplified vehicle models are presented, after a short introduction.

Keywords: vehicle dynamics, simplified models, detailed/truth models

1. Bevezetés

A tudományban és a mérnöki gyakorlatban is nagy szerepe van a modellezésnek. Az utóbbi területen a modelleknek konkrét felhasználási céljaik vannak, ezek a célok nagymértékben befolyásolják az alkalmazott modellt. Ennek oka az, hogy a célok (jármű modellezés esetén pl. szabályozás, becslés és

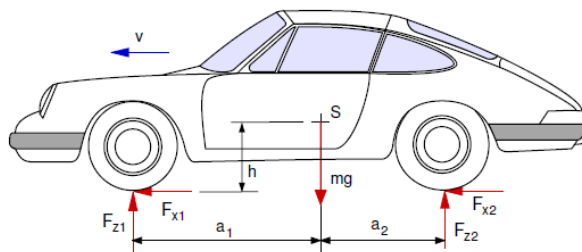
analízis) elérésének módszerei csak bizonyos, általában jelentősen egyszerűsített modellek esetén használhatók. Járműmodellek esetén az egyszerűsítésre lehetőséget ad az a tény, hogy sok fizikai jelenség a hossz-, oldal- és függőleges irányok közül csak az egyikben jelentős. A cikk tartalmi része a jármű testének minden irányában tartalmaz modellezési megfontolásokat, a bemutatott modellek ilyen egyszerűsített modelleknek tekinthetők. Az egyszerűsített modellek fő jellemzője, hogy bizonyos irányok kényszerelve vannak, az elmozdulás ezekben az irányokban nem lehetséges. A kényszer-egyenletek (erő és nyomaték egyensúlyi egyenletek) nincsenek megoldva minden esetben, ezek elhanyagolása is lehetséges.

Az egyszerűsített modellek mellett a valós járműdinamikai modelleket is meg kell említeni. Ezen modellek felhasználása általában numerikus megoldás útján lehetséges, ellentétben az egyszerűsített modellekkel, amelyek egyéb módszerek alapjául is szolgálnak. A valós járműmodellek minden szabadsági fokkal rendelkeznek, ezek általában multibody rendszerek. A kerék-talaj kapcsolat modellezéséhez a contact-modeling eszközeit alkalmazzák, így a tetszőleges útfelület modellezése is lehetséges. Felhasználásuk a virtuális prototípus alapú fejlesztések területén van. A numerikus analízissel részletes jelenségek is vizsgálhatók, viszont a fő összefüggéseket nem tudjuk szimbolikus kifejezésekkel vizsgálni, mint az egyszerűsített modellek esetén az analitikus megoldások segítségével.

2. Járműdinamikai Modellek

2.1. A "longitudinális" járműdinamikai modellek

Az egyszerűsített járműdinamikai modell (1. ábra) szerint a jármű merev testként modellezve ideális síkon egyenesvonalú mozgást végez. A kerekeken ébredő erők tekintetében a normális irányú és a haladás irányába eső összetevőket vesszük figyelembe [1], [2], [3].



1. ábra. Az egyszerűsített járműdinamikai modell és a járműre ható erők [1]

A légellenállási erőhatások elhanyagolásával az erőhatások x és z irányú szemléltetésével az alábbi egyenletek írhatók fel

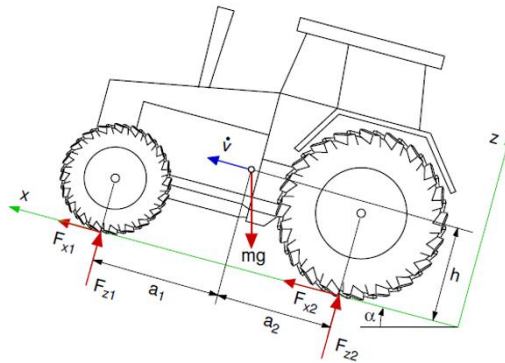
$$m\dot{v} = F_{x1} + F_{x2} \quad (1)$$

$$0 = F_{z1} + F_{z2} - mg \quad (2)$$

$$0 = F_{z1}a_1 - F_{z2}a_2 + (F_{x1} + F_{x2})h \quad (3)$$

ahol \dot{v} a gyorsulás, m a jármű tömege, $a_1 + a_2$ a jármű tengelytávolsága, és h a jármű tömegközéppontjának a talajtól mért magassága.

Az elemzés másik vetülete, ha figyelembe vesszük a talaj vízszintessel bezárt szögét és az nullánál nagyobb értéket vesz fel, ekkor a járműre ható erőhatásokat a 2. ábra szemlélteti [4].

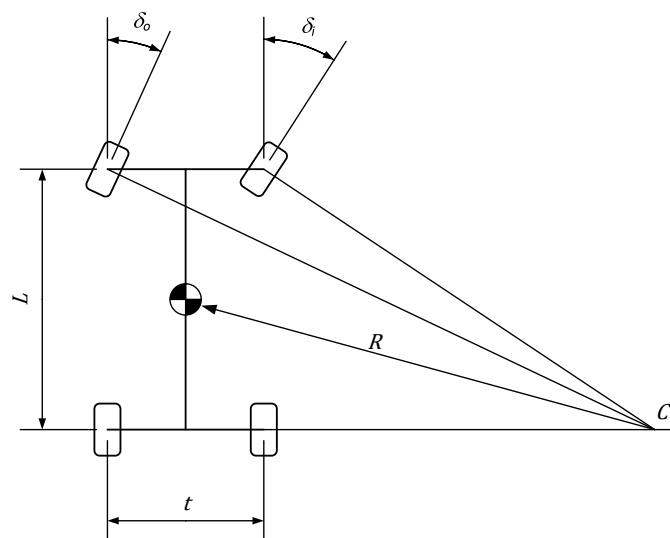


2. ábra. A járműre ható erőhatások a vízszintessel szögét bezáró talaj esetén [1]

A jármű haladása közben a jármű sebességétől függően légellenállási erő keletkezik. A járműre szerelt légtérelő elemek nagymértékben befolyásolhatják a kialakuló légellenállást a jármű alakjától függően [5], [2]. A járműre ható légellenállási erőket koncentrált erő formájában a jármű tömegközéppontjába lehet redukálni. A bemutatott erőhatásokon kívül a jármű haladásirányú mozgását a kerekek gördülési ellenállása, a hajtáslánc elemeinek a vesztesége és a generált vonóerő is befolyásolja.

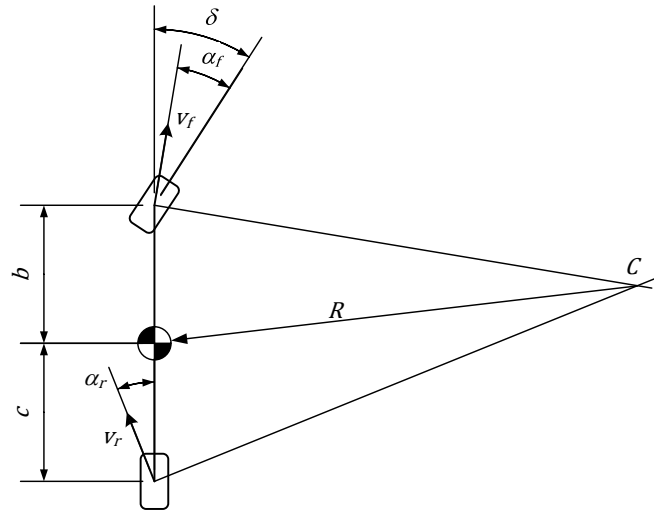
2.2. A “laterális” járműdinamikai modellek

A járműdinamikában gyakran használunk keresztirányú, úgynevezett laterális modelleket. Ezen modellek célja a jármű kanyarodás közbeni viselkedésének, kezelhetőségének, stabilitásának az elemzése. Erre a célra sokféle modell található a szakirodalomban [6], [7], [8]. Az alkalmazott modell típusa alapvetően a kanyarodó jármű sebességétől függ. Alacsony sebességnél egy egyszerű kinematikai modell elegendő a kanyarodási viszonyok jellemzésére. A leggyakrabban alkalmazott ilyen modell a 3. ábrán látható Ackermann kanyarodási geometria.



3. ábra. Az Ackermann geometria

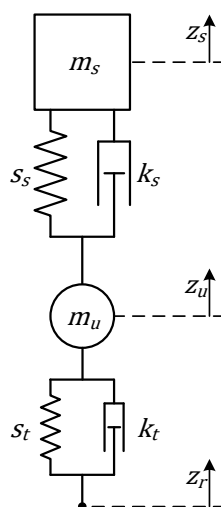
Nagyobb sebességű kanyarodás esetén már nem hanyagolhatók el az oldalirányú dinamikus hatások, erőhatások valamint a kerekek oldalkúszási jelensége sem. Ebben az esetben a 4. ábrán látható kétkerekű modellt szokás használni, amelynél az egy tengelyen lévő kerekek hatása egy pontba redukálva jelentkezik.



4. ábra. Kétkerekű laterális modell

2.3. A “vertikális” járműdinamikai modellek

A vertikális járműmodellek célja a járművek függőleges irányú mozgásának vizsgálata [9], [10]. Ezen modellek segítségével a jármű rugózási tulajdonságai, komfortja elemezhető, méretezhető a futóművének alkatrészei, stb. Az aktív- vagy félaktív felfüggesztési rendszerek tervezése is ilyen jellegű modelleken alapul. Az 5. ábrán egy egyszerű vertikális járműmodell, az úgynevezett negyedjárműmodell látható. Ebben az esetben a jármű függőleges mozgása egy felfüggesztési rendszerre van redukálva. Megfigyelhetők a modellben a rugózott- és rugózatlan tömegek, a futómű és a gumiabroncs rugalmasságai és lengéscsillapító hatásai.



5. ábra. Negyedjárműmodell

Köszönetnyilvánítás

A tanulmány alapjául szolgáló kutatást az Innovációs és Technológiai Minisztérium által meghirdetett Tématerületi Kiválósági Program ED_18-1-2019-0028 számon támogatta, a Debreceni Egyetem (Járműipar) tématerületi programja keretében.

Hivatkozások

- [1] G. Rill, "Fundamental Vehicle Dynamics," no. August, 2011, pp. 1–12.
- [2] M. Hirz, "Automotive Engineering Focus : Basics of longitudinal vehicle dynamics," no. July, p. 26, 2015.
- [3] D. Hernandez-Alcantara, L. Amezcua-Brooks, R. Morales-Menendez, O. Sename, and L. Dugard, "The cross-coupling of lateral-longitudinal vehicle dynamics: Towards decentralized Fault-Tolerant Control Schemes," *Mechatronics*, vol. 50, pp. 377–393, 2018.
- [4] Z. Yin, Q. Dai, H. Guo, H. Chen, and L. Chao, "Estimation Road Slope and Longitudinal Velocity for Four-wheel Drive Vehicle," *IFAC-PapersOnLine*, vol. 51, no. 31, pp. 572–577, 2018.
- [5] B. Janarthanan, C. Padmanabhan, and C. Sujatha, "Longitudinal dynamics of a tracked vehicle: Simulation and experiment," *J. Terramechanics*, vol. 49, no. 2, pp. 63–72, 2012.
- [6] G. Šušteršič, M. Ambrož, and I. Prebil, "Application of Rigid Multi-Body System Modelling to Determination of Passenger-Car and Trailer Combination Lateral Stability," in *SCIENTIFIC PROCEEDINGS XIX INTERNATIONAL SCIENTIFIC-TECHNICAL CONFERENCE "trans & MOTAUTO '11"*, 2011, vol. 3, pp. 94–97.
- [7] N. El Youssfi, M. Oudghiri, and R. El Bachtiri, "Vehicle lateral dynamics estimation using unknown input observer," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 148, pp. 502–511, Jan. 2019.
- [8] M. N. Özdemir, V. Kılıç, and Y. S. Ünlüsoy, "A new contact & slip model for tracked vehicle transient dynamics on hard ground," *J. Terramechanics*, vol. 73, pp. 3–23, Oct. 2017.
- [9] G. Georgiou, A. Badarlis, and S. Natsiavas, "Modelling and ride dynamics of a flexible multi-body model of an urban bus," *Proc. Inst. Mech. Eng. Part K J. Multi-body Dyn.*, vol. 222, no. 2, pp. 143–154, Jun. 2008.
- [10] J. D. Setiawan, M. Safarudin, and A. Singh, "Modeling, simulation and validation of 14 DOF full vehicle model," in *International Conference on Instrumentation, Communication, Information Technology, and Biomedical Engineering 2009*, 2009, no. August 2015, pp. 1–6.