XIII. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2008. március 14-15.

JÁRMŰ- ÉS KERÉKMODELL TERVEZÉSE PARKOLÁSI MANŐVER SZIMULÁCIÓJÁHOZ

Szabó Bálint

Abstract

This article is about vehicle model development for a special case of vehicle manoeuvres, the parking. The vehicle model development started in two directions: kinematical and dynamical model design. To increase the simulation accuracy the model is extended with a so-called "brush" tire model. With these models different type of simulation can be made.

Összefoglalás

Ez a cikk egy járműmodell fejlesztésével foglalkozik, mégpedig egy speciális manőver szimulációjához: a parkoláshoz. A modell tervezése két irányban indult el: elkészült egy kinematikai és egy dinamikai modell. A pontosság növelése érdekében egy úgynevezett „kefe” kerékmodellel is kibővült a jármű. Így együttesen számtalan különböző szimulációt lehet megvalósítani ezekkel a modellekkel.

1. Járműmodell parkolási manőver szimulálásához

A parkolási manőver szimulálásához egy járműdinamikai modellre van szükség, amely szimulálni képes a jármű mozgását parkolás közben. Figyelembe véve a parkolási manőver sajátosságait, a modell megalkotása során a következő egyszerűsítéseket végezhetjük el. A jármű alacsony sebességének következtében a kocsitestet érő dinamikai hatások – mint például a felépítmény dőlése és bólintása – elhanyagolhatóak. A modell egy felülnézetben ábrázolt kétkerekű bicikli-, vagy egy négykerekű jármű lehet. A jármű mozgását a kocsitestre adott erővel, vagy előírt sebességfüggvénnyel lehet szimulálni, a mozgás irányát pedig a kormányzott kerekek elforgatásával lehet befolyásolni. A meghatározott jármű mozgását leíró matematikai egyenleteket megoldva kapjuk a jármű trajektóriáját. Az egyenletek megoldását numerikus számítások segítségével végezzük el. A parkolási manőver pontos szimulálásához szükség van kerékmodellekre is. Ezzel a gumibroncs rugalmasságát, és a gumi súrlódási viszonyait is figyelembe tudjuk venni. A modelleket sokféle szempont szerint lehet csoportosítani. Az egyik legjelentősebb szempont az alkalmazott mechanikai összefüggések szerinti csoportosítás, vagyis lehet kinematikai vagy dinamikai modell. A járművet le lehet egyszerűen kétkerekű biciklimodellel is modellezni, de a bonyolultabb szimulációkhoz négykerekű modellekre van szükség. A gumibroncsot is különbözőképpen lehet modellezni. Általában a modell a gumibroncs alaptulajdonságát, azaz a rugalmasságát modellezi, de ezt tovább lehet fejleszteni újabb tulajdonságokkal, mint például a megcsúszás, vagy a relaxáció.

2. Kerékmodell

A gyakran alkalmazott statikus modellnek a lényege, hogy amennyiben ismerjük a hossz- és keresztirányú szlipgörbéit, akkor a jármű mozgása során számítani lehet a kerekek hossz- és keresztirányú megcsúszásainak, illetve a kerékkerhelés segítségével számítható a keréktalpponti erő longitudinális és laterális komponense. Ezt a kerékmodellt többnyire dinamikus járműszimulációknál alkalmazzák, ahol számít a szimulációs idő. Ez a modell ugyanis elegendően gyors ahhoz, hogy közel valós-idejű számításokat végezzünk. Azonban nem elég pontos ahhoz, hogy a parkolás-szimuláció során ezzel a modellel dolgozzunk, ehelyett célszerűbb dinamikus modellekkel dolgozni. A dinamikus modellek rugóelemek, rugalmas húr, vagy rugalmas anyagmodell segítségével közelíti a gumiabroncs viselkedését. Az egyik legegyszerűbb ilyen modell az úgynevezett „kefemodell”.

1. ábra Kerékmodellek. A térbeli „kefemodell”, és a síkba redukált változata [1]

A síkba redukált keréktárcsa kerületére radiális irányban rugóelemeket helyezünk el, amelyeknek egyik vége a keréktárcsához van rögzítve, a másik vége pedig szabadon van mindaddig, amíg a talajjal kapcsolatba kerülve deformálódik, és a rugódeformációból hossz és keresztirányú erők keletkeznek. A parkolás során a függőleges elmozdulások nem érdekesek, ezért a kerék vertikális deformációját elhanyagoljuk, azaz a keréktárcsát a talajra vetítve, a rugóelemeknek csak a kereszt- és hosszirányú deformációját vesszük figyelembe. A rugók statikus helyzetben zérus hosszúságúak, a keréktárcsa elmozdulásának hatására pedig longitudinális és laterális irányban megnyúlnak. A rugómerevséget egyszerűbb esetekben választhatjuk konstansnak, ekkor lineáris karakterisztikát kapunk, de a gumiabroncsok valós viselkedését jobban közelíti a progresszív rugókarakterisztika. A fent leírt rendszer szolgáltatja az alapmodellt, de ezt még további funkciókkal fejleszteni lehet, hogy minél realisabb kerékmodellünk legyen. Az egyik ilyen funkció a megcsúszás. A teljes megcsúszás, azaz a 100% -os kerékszlip modellezéséhez a talajvégi rugóelemek tapadását kell figyelni. A kerékkerhelés, és a tapadási tényező maximumának függvényében számítható a maximális súrlódási erő. Ha a rugóerő meghaladja maximális súrlódó erőt, akkor a rugóelem megcsúszik, és a deformációja egészen addig csökken, míg a fenti egyenlőtlenség érvényes. Egy másik funkció a gumideformáció kiterjesztése a tapadási felületen kívülre. Egy bonyolultabb gumimodellnek, mint például a húrmodellnek már az alaptulajdonságai között szerepel. A kefemodellnél a rugóelemek egymástól függetlenül deformálódnak, ezáltal a tapadási felületen kívül a deformáció nullára csökken, hiszen itt a tapadási tényező zérus. A valóságban a gumiabroncsnál a deformáció a tapadási felületen kívül is létrejön, és ezt a tapadás felületen belüli deformáció extrapolálásával közelíteni.

3. Kinematikai járműmodell

A parkolási manőver sajátosságai közé tartozik, hogy a jármű sebessége alacsony, ezért a dinamikai hatások elhanyagolhatók. Legegyszerűbb esetben elegendő egy kinematikai modell is. A járművet a kocsitestre kényszerített sebességfüggvénnyel hozhatjuk mozgásba. A sebességvektor a jármű hossztengetyével párhuzamos, a jármű irányítását a kormányzott kerekek elforgatásával valósíthatjuk meg. A jármű állapotát, azaz a jármű helyzetét három változó írja le: az x és y helykoordináták, valamint a ψ orientációs szög.

2. ábra Kétkerekű járműmodell helyzetét meghatározó változók

Minden időlépésben meg kell határozni a jármű új állapotát, helyzetét. Először a sebességnek megfelelően kimozdítjuk a járművet egy meghatározott irányba, majd a gumiabroncsok deformációjából kiszámítjuk a potenciális energiát. A jármű adott időlépésbeli végleges helyzetét azok a koordináták fogják jelenteni, amelyek mellett a potenciális energia minimális. Vagyis ennél a modellnél, mivel a mozgást kinematikai egyenletek írják le, a kerékmodellek nem erőt, hanem potenciális energiát adnak eredményül. Ez a modellt ki lehet egészíteni megcsúszással, illetve a kerekek szögelfordulásának számításával.

4. Dinamikai járműmodell

Ebben az esetben ugyan a jármű mozgását dinamikai egyenletek írjuk le, de a dinamikai hatásokat továbbra is elhanyagoljuk. A járművet két megoldással lehet mozgásba hozni. Az egyszerűbbik szerint egy erőt működtetünk a kocsitesten (például a súlyponton), a másik lehetőség pedig a hajtott kerekeken működtetett forgatónyomatékkal. A jármű helyzetét az előbbi esetben ismertett három változó írja le. A jármű mozgását viszont egy differenciál-egyenletrendszer megoldásával kapjuk meg. A numerikus számítás minden időlépésében meg kell határozni a járműre ható erőket, majd ezeket felhasználva megoldható a fenti egyenletrendszer. Megoldásként pedig a jármű új pozícióját kapjuk. Ebben az esetben a kerékmodell a kerékaltalpponti elmozdulások, és a szögelfordulás ismeretében számítja ki a hossz- és keresztirányú erőket, továbbá a függőleges tengely körüli forgatónyomatékokat. Ez a modell szintén alkalmas a megcsúszás, a deformáció kiterjesztésének, illetve a kerekek forgásának modellezésére.

5. Szimulációs eredmények

A korábban leírt módon készített algoritmusokkal különféle vizsgálatokat, szimulációkat lehet elvégezni, vagyis definiáljuk a bemeneti paramétereket, vagyis a kormányszöget, a sebességet, vagy az erőt. A szimulációt lefuttatva pedig ki lehet értékelni az eredményeket. A különféle tesztek közül a legegyszerűbb a konstans körpályás teszt, amelynek eredménye a következő ábrán látható. Mint kitűnik, a kerékmodell hatására a jármű „letér” a pályáról.

3. ábra Konstans sugarú pálya teszt

Négykerekű modellt használva lehetőségünk nyílik az úgynevezett kormányhiba szimulációjára. A négykerekű jármű ugyanis kanyarodáskor kinematikailag túlhatározott. Ebből adódik a járművek kormányhibája, amelynek hatását az alábbi ábra szemlélteti.

4. ábra: Kormányhiba hatása

Azonban nem csak a jármű trajektóriáját lehet elemezni ezen modellek segítségével, hanem a gumiabroncsok deformációját is. Minden időpillanatban kirajzolható a gumiabroncs, illetve az azt szimbolizáló rugóelemek deformációja.

Irodalom

[1] Pacejka, Hans B.: Tyre and Vehicle Dynamics. Elsevier Butterworth-Heinemann 2002 (p. 93-134.)

Szabó Bálint, PhD hallgató

BME, Közlekedésmérnöki Kar, Gépjárművek Tanszék

Cím: H-1111, Magyarország, Budapest, Stoczek u. 6.

Telefon: +36-1-4632380

E-mail: balint.szabo@auto.bme.hu