

Neurális hálózatok alkalmazása a váltómodell helyettesítésére a járműszimulációs modellben

Application of neural networks in vehicle simulation as a substitute for gearbox models

KOLLER Tamás¹, Dr. TÓTH-NAGY Csaba²

¹ Department of Propulsion Technology, Széchenyi István University, Audi Hungaria Faculty of Automotive Engineering, Győr, Hungary, Egyetem tér 1., hu.koller.tamas@gmail.com

² Department of Propulsion Technology, Széchenyi István University, Audi Hungaria Faculty of Automotive Engineering, Győr, Hungary, Egyetem tér 1., csaba.toth-nagy@ga.sze.hu

Abstract

Nowadays, the development of vehicle simulation models is increasingly important, also due to the virtual validation of new vehicle functions. New methods are emerging, necessitating the application of innovative solutions. The application of artificial intelligence methods can accelerate product development processes, therefore it is essential for companies to explore the applicability of these methods. By implementing this, cost, time, and energy can be saved. This article examines the possibilities offered by using a neural network-based technology instead of traditional modeling methods for creating a transmission model for vehicle simulation. The artificial neural network is capable of reproducing the operation of the transmission by learning from real measurement data. The aim of this article is to demonstrate the use and application of a neural network in a vehicle simulation model.

Keywords: vehicle simulation; neural network; validation; artificial intelligence; virtual test environment; development.

Kivonat

Napjainkban a járműszimulációs modellek fejlesztése a gépjárművek új funkcióinak virtuális validálása miatt is egyre fontosabb. Új módszerek jelennek meg, amelyek innovatív megoldások alkalmazását teszik szükségessé. A mesterséges intelligencia módszerek alkalmazása felgyorsíthatja a termékfejlesztési folyamatokat, ezért a vállalatok számára szükségszerű feltérképezni ezen módszerek alkalmazhatóságát. Ennek megvalósításával költség, idő és energia takarítható meg. Ez a cikk azt vizsgálja, hogy a járműszimulációs modell váltómodelljének létrehozásához a hagyományos alapú modellezési módszerek helyett milyen lehetőségeket kínál egy neurális hálózaton alapuló technológia alkalmazása. A mesterséges neurális hálózat képes reprodukálni a váltó működését valós mérési adatokból tanulva. A cikk célja, hogy bemutassa a neurális hálózat használatát és alkalmazását a járműszimulációs modellben.

Kulcsszavak: járműszimuláció, neurális hálózat, validáció, mesterséges intelligencia, virtuális tesztkörnyezet, fejlesztés.

1. BEVEZETÉS

A járműszimuláció létrehozásakor egy fontos kritérium a váltó modellezésének pontossága, hiszen a szimuláció által meghatározott váltó fokozatok száma befolyásolja a jármű sebességét a szimulációs modellben. Az automata sebességváltó leképezésére fizikai alapú modellezést alkalmaznak, erről írnak cikket Al-AJmi és társai [1], melyben részletezik a Matlab Simulink szoftverben történő váltó modellezést.

Napjainkban a mesterséges neurális hálózatok alkalmazásának kiterjesztése különböző tudományterületekre összpontosít [2] [3] [4]. A neurális hálózatok lehetővé teszik a komplex mintázatok azonosítását és a megbízható, adatalapú előrejelzéseket [5]. A mesterséges intelligencia (MI) térnyerése azonban új utakat nyit meg, amelyek kifinomultabb és adaptívabb megoldásokat tesznek lehetővé [6].

A MATLAB Neural Fitting eszköze különösen hasznos a neurális hálózatok betanításához és optimalizálásához, elsősorban regressziós feladatokhoz. A cél az input adatok és a járművezetési viselkedésre vonatkozó output értékek lehető legjobb illesztése. A modell felépítésekor elengedhetetlen a megfelelő vezérlési mechanizmusok implementálása, mivel jelentősen befolyásolja az eredmények megbízhatóságát és pontosságát. Ha a sebességváltó fokozatok számát a neurális hálózat generálja, akkor járműszimulációs modellben hatékonyan helyettesíti az időigényes programozási munkával létrehozott váltómodellt, így a járműszimulációs modell váltómodelljét a neurális hálózat helyettesíti. Ennek elősegítésére a MATLAB Simulink környezet rendkívül adaptálható eszközkészletet kínál a komplex rendszerek modellezéséhez, ami javítja a szimulációs modellek tervezését és implementálását.

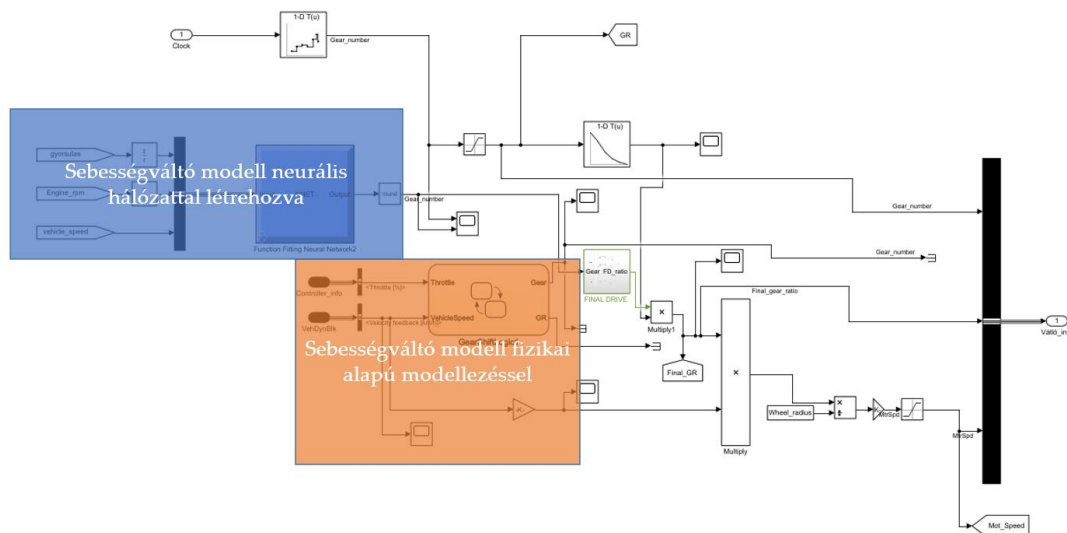
Jelen tanulmány egy neurális hálózattal integrált járműszimulációs modellt mutat be, melyben a sebességváltó működését a neurális hálózat végzi. Cél a járműszimulációban megalkotott váltómodell helyettesítése egy mesterséges neurális hálózattal.

2. METÓDUS

A neurális hálózatok komplex mintafelismerésre és előrejelzésre képesek. A járműszimuláció sebességváltó modelljében a mesterséges neurális hálózat alkalmazásával a sebességváltó fokozatok kerülnek meghatározásra a járműszimuláció működése során. A járműszimulációs modell forward-in-loop módszerrel került felépítésre. Ez a módszer lényegében a jármű különböző alkatrészeinek, például a motornak, a sebességváltónak, a véghajtásnak és a hajtáslánc egyéb különböző alkatrészeinek dinamikus viselkedésének kiszámítására és modellezésére szolgál [7]. A járműszimulációs modell felépítéséhez a MATLAB Simulink program került felhasználásra. A MATLAB Simulink egy integrált környezet, amely megkönnyíti a különböző dinamikus rendszerek modellezését és szimulációját. Grafikus felületén keresztül a felhasználók könnyen létrehozhatják és módosíthatják a különböző komponenseket és azok összekapcsolódását előre definiált könyvtárak segítségével, a fejlesztők gyorsan és hatékonyan dolgozhatnak.

Győr belvárosában, valós forgalmi viszonyok mellett végzett 857 másodperces járműmérés került felvételre egy valódi hibrid jármű segítségével. A jármű belsőégésű motorja egy kétliteres, négyhengeres, 110 kW-os belsőégésű motor, amely egy 75 kW-os elektromos motorral együtt szerelt. A jármű saját tömege vezető nélkül 1950 kg. A jármű párhuzamos hibrid konfigurációval készült, amely lehetővé teszi a belsőégésű motor és az elektromos motor együttes vagy független működését. A közúti mérésekből származó adatok közül a járműsebesség a járműszimulációs modell bemenetként szolgál. A jármű működési módjai (elektromos, hibrid vagy tisztán belsőégésű motoros), a belsőégésű motor és az elektromos motor nyomatékértékei, valamint a sebességváltó fokozat száma számított értékek és egy keresőtábla alapján lettek meghatározva. A jármű dinamikáját matematikai egyenletekkel került leírásra.

A neurális hálózat alkalmazása a járműszimulációs modellben a neurális hálózat betanításával kezdődött. Az első lépésként a valós mérés által gyűjtött adatokat tartalmazó képzési adathalmaz bemeneti paramétereinek meghatározása volt. A járműszimulációs modellben két bemeneti paraméter (járműsebesség, gyorsulás) és a célváltozó (sebességváltó fokozat száma) került leképezésre a járműszimuláció sebességváltó modelljében (1. ábra).



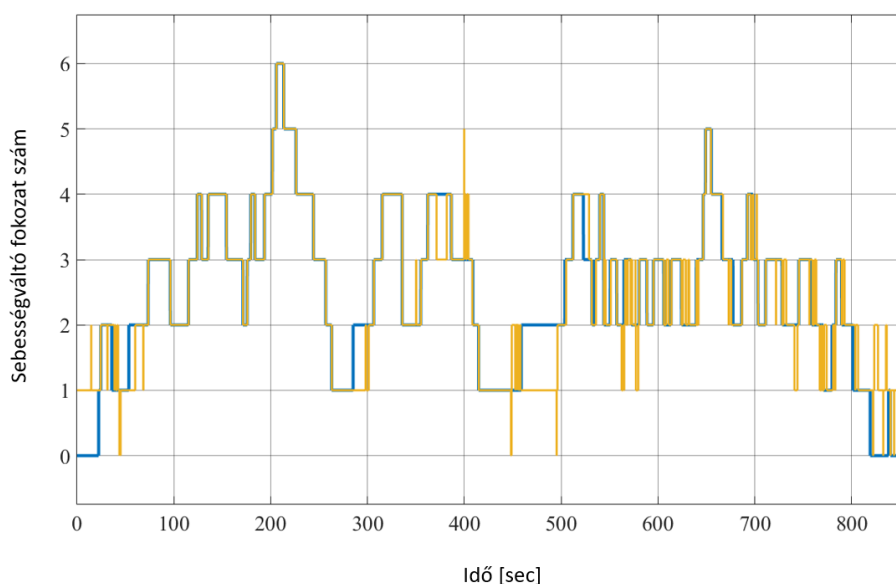
1. ábra Mesterséges neurális hálózat alkalmazása a sebességváltó modellben

3. EREDMÉNYEK

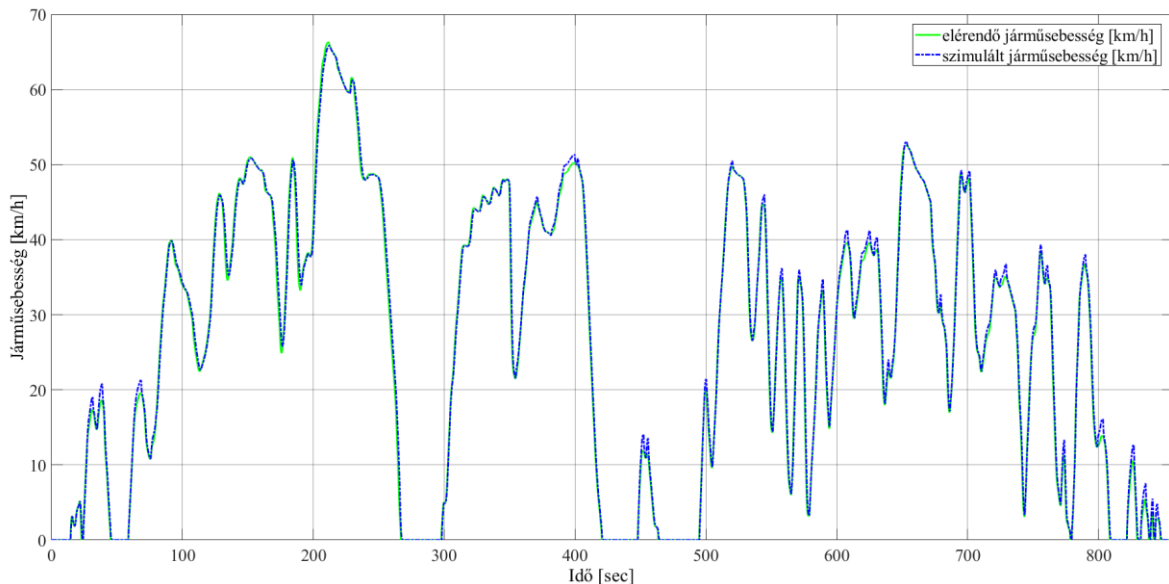
Összehasonlításra került az új modellezési technikával alkalmazott sebességváltó modell működése a járműmérés adataival. Fontos megjegyezni, hogy a motor és az elektromos motor fordulatszáma a sebességváltó áttételétől függ, és a motor és az elektromos motor fordulatszámának egyezését, valamint a hibrid rendszer vezérlési stratégiáját is ellenőrzésre került a modellben.

Az új modellezési technika alkalmazásával összehasonlításra kerültek a sebességváltó fokozatszámainak adatai, melyet a 2. ábra szemléltet. Az eredmények megerősítették az új típusú modellezés kielégítő működését. A sárgával jelölt értékek a mesterséges neurális hálózat által generált sebességváltó fokozat számok, míg a kék színnel jelöltek a valós mérés közben mért váltófokozatok számai láthatóak. Kiszámításra került a Root Mean Square (RMS) érték a két verzió közötti különbségre vonatkozóan, mely 0,5286 értéket mutatott.

Az új modellezési technika alkalmazásával összehasonlításra kerültek a járműsebesség adatai, melyet a 3. ábra szemléltet. A kékkel jelölt értékek a mesterséges neurális hálózat által működtetett sebességváltó modellel készült járműsebesség, míg a zölddel jelöltek a valós mérés közben mért járműsebesség értékei láthatóak. Az ábrából megállapítható, hogy az új módszerrel a járműsebesség lekövetése sikeres.



2. ábra Sebességváltó fokozatszámainak összehasonlítása



3. ábra Járműsebességek összehasonlítása

4. KÖVETKEZTETÉS

Ez a járműszimulációs példa szemlélteti a mesterséges intelligencián alapuló szimulációs technikák alkalmazásának lehetőségét például az autóiipari fejlesztések során. Az ilyen szimulációs technikák lehetőséget nyújtanak a jármű teljesítményének optimalizálására, miközben csökkentik a fejlesztési költségeket és időráfordítást. A neurális hálózatokkal történő sebességváltó működtetése forradalmasíthatja a járműszimulációs modellezést.

Összefoglalva, a sebességváltó modell neurális hálózattal történő helyettesítése a járműszimulációs modellben 0,5286 RMS értéket eredményezett, ami azt mutatja, hogy ez a módszer előnyös lehet a járműmodellezés területén. Ez számos fejlesztési területen felhasználható, mint például a jármű architektúrájának és irányítási stratégiájának, valamint a teljesítmény, az üzemanyag-fogyasztás és a károsanyag-kibocsátás optimalizálásánál. Ez a módszer lehetőséget kínál a jövőbeni fejlesztésekre is, mint például az autonóm járművek finomabb és biztonságosabb irányítása. A további kutatásoknak érdemes járműfejlesztés során feltárni, hogy erőteljesebben kiaknázhassák a neurális hálózatokban rejlő lehetőségeket az autóiiparban.

A neurális hálózattal működő sebességváltó modellezése egy gyakorlati példát mutat be a járműszimulációs rendszerek fejlesztésénél, szélesítve a dinamikus és intelligens irányítási stratégiai fejlesztések mellett. Ez a megközelítés nemcsak javíthatja a teljesítményt, hanem hozzájárul a fenntarthatóbb és innovatívabb közlekedési rendszerek fejlesztéséhez is.

A hibrid modellezés példája a járműdinamikai szimulációban számos olyan kérdést vet fel, amelyekkel a fejlesztők szembesülnek, még akkor is, ha a fejlesztés iránya másfelé mozdul el. A javasolt megoldás bármilyen járműtechnológiai környezetben alkalmazható. Ezért a mesterséges hálózatok alkalmazása izgalmas és gyorsan fejlődő területet képvisel, számos kutatási lehetőséget kínálva.

IRODALMI HIVATKOZÁSOK

- [1] N. R. M. R. Al-Ajmi and H. A. Alajm, "Modelling and Simulation of Automatic Transmission," *International Journal of Innovative Science and Research Technology (IJISRT)*, www.ijisrt.com, 2021, vol. 6 (7), pp. 1671-1681. ISSN: 2456-2165
- [2] S. Joshi, V. Kumar, V. Venkataramanan és K. C S, „A Review on Neural Networks and its Applications,” *Journal of Computer Technology & Applications*, 2023, %1. kötet14.
- [3] J. L. S. P. A. B. T.-Y. K. Shaoping Xiao, „Artificial neural networks and their applications in computational materials science: A review and a case study,” *Advances in Applied Mechanics, Elsevier*, 2023, 57, pp. 1-33.
- [4] A. Prasad és A. Kumar, „Review on Artificial Neural Network and its Application in the Field of Engineering,” *JMEP*, 2022 DOI: 10.56697/JMEP.2022.1107
- [5] Conley, J., Clay, B., Waters, R., Tóth-Nagy, C. et al., (2001). The Development of a Fourth Generation Hybrid Electric Vehicle at West Virginia University, *SAE Technical Paper 2001-01-0682*, DOI: <https://doi.org/10.4271/2001-01-0682>.
- [6] H. Lee, H. Kim and S. Choi, (2021). Driving Skill Modeling Using Neural Networks for Performance-Based Haptic Assistance, in *IEEE Transactions on Human-Machine Systems*, Vol. 51, No. 3, pp. 198-210, DOI: <https://doi.org/10.1109/THMS.2021.3061409>.
- [7] P. Pettersson, B. Jacobson, F. Bruzelius, P. Johannesson, L. Fast, (2020). Intrinsic differences between backward and forward vehicle simulation models, *IFAC-PapersOnLine*, Volume 53, Issue 2, Pages 14292-14299, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2020.12.1368>.