



Statisztikai és lágszámítási módszerek összehasonlítása fenomenológiai modellek esetén

Comparison of statistical and soft computing methods in case of phenomenological models

¹Lukács Judit, ²Török Árpád

¹Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Budapest,
Magyarország, e-mail: lukacs.judit@bgk.uni-obuda.hu

²Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Közlekedés és Járműmérnöki Kar, Budapest,
Magyarország, e-mail: arpad.torok@gjt.bme.hu

Összefoglalás

A kis intenzitású ütközések a közúti balesetek egy kiemelt csoportját takarja. Vizsgálataik során számos probléma adódik. Elsődleges kérdés az incidens észlelhetőségének megítélése. Ez a közlemény az esetek hallás útján történő érzékelésének vizsgálatát elősegítő módszereket (válaszfelületek módszere és Sugeno típusú fuzzy következtetés) hasonlít össze, melyek az utastérben kialakuló egyenértékű hangnyomásszint meghatározására alkalmasak. Megállapításra került, hogy fuzzy következtetéssel jobb pontosság érhető el (-0,57...0,33%). A megfelelést reziduum vizsgálatok is alátámasztották.

Kulcs szavak: akusztikai vizsgálatok, egyenértékű hangnyomásszint, válaszfelületek módszere, lágszámítási módszerek, Fuzzy következtetés

Abstract

Minor collisions belong to a special section of road accidents. In case of their investigations, several problems have to be faced. The key question is the perceptibility of the incidents. This article provides the comparison of different types of techniques (response surface methodology and Sugeno type fuzzy inference system) that are able to predict cabin noise level. It was stated that the accuracy of the fuzzy based model is higher (-0,57...0,33%). In addition, the conformity was verified by investigating the residuals.

Keywords: acoustic measurements, equivalent continuous sound pressure level, response surface methodology, soft computing methods, Fuzzy inference

1 Bevezetés

A közlekedési balesetek elemzése a közlekedésbiztonság növelésének egyik legfontosabb eleme. Azonban megállapítható, hogy ennek a legkiszámíthatatlanabb tényezője maga az ember. Különösen nehéz objektív megállapításokat tenni ugyanis olyan kérdésekben, amelyek vizsgálatokor kifejezetten előlányekre jellemző tulajdonságokat kell megítélni. Ebbe a csoportba tartozik maga az észlelés, észlelhetőség kérdésköre is.

Az emberi érzékszervek megfelelő körülmények között igen érzékenyek a környezeti

változásokra [1]. Az ütközések detektálhatóságának értékelése azonban csak komplex módon, több érzéktérület együttes vizsgálatával elemezhető, melyek a látás, a hallás és az egyensúlyérzet megváltozása [2]. Ezen felül a közúti balesetek esetén az érzékelhetőség a szándékossággal is összefüggésbe hozható.

Az járművek ütközéseinek egy speciális csoportját képezik az úgynevezett kis intenzitású ütközések, melyek igen alacsony sebességgel ($v=1...5$ km/h) valósulnak meg [3]. Ezen esetek elemzése során számos probléma merül fel a baleset bekövetkezésének észlelhetősége kapcsán:

- rossz látási viszonyok jellemzőek, így a láthatóság megítélése nehézkes;
- az ütközést kísérő hanghatás az emberi érzékelés határán mozog, a hallhatóság vizsgálata sok tényezőtől függ;
- az ütközési energia nagyságrendje kicsi, az eset egyensúlyérzet megváltozásán alapuló észrevétele nem egyértelmű [4][5].

További problémát jelenthet az a tény is, hogy a bagatellütközéseket követően magán a járművön sem tapasztalható jelentős mértékű anyagi kár, sokszor csupán minimális mértékű felszíni sérülések (pl. karcolások) láthatók. Az ütközési energia jelentős részét, vagy teljes egészét a könnyen deformálódó egységek rugalmas alakváltozás során felemésztik. Ez utóbbi a modern lökhárítórendszerekkel szemben támasztott előírásként is megjelenik [6].

Mindezen problémákon felül, a kis intenzitású ütközések látszólagos lényegtelensége ellenére nem elhanyagolhatóak. Ugyanis gyakran bekövetkezik lágyrészek, valamint a nyaki gerincoszlop sérülése, mint orvosi következmény [7]. Ezen felül az érintett jármű teherviselő elemei is maradót alakváltozást szenved el, mely későbbi balesetek során eredményez az indokoltnál lényegesen súlyosabb roncsolódást.

A hallás útján történő észlelhetőség több tényező együttes függvénye, melyek egy része külső (környezeti), míg a többi belső eredetű: jármű üzemállapotából, segédberendezések működéséből, utasok kommunikációjából, egyéb belső forrásokból származik. Ezek közül kiemelt szerepe van az utastér szellőztetéséből [8], valamint a motor felől érkező zajhatásoknak [9].

Jelen tanulmányban az ütközések hallhatóságának vizsgálata során alkalmazható matematikai módszerek kerülnek összehasonlításra, melyek az utastérben kialakuló egyenértékű hangnyomásszint számítására alkalmasak.

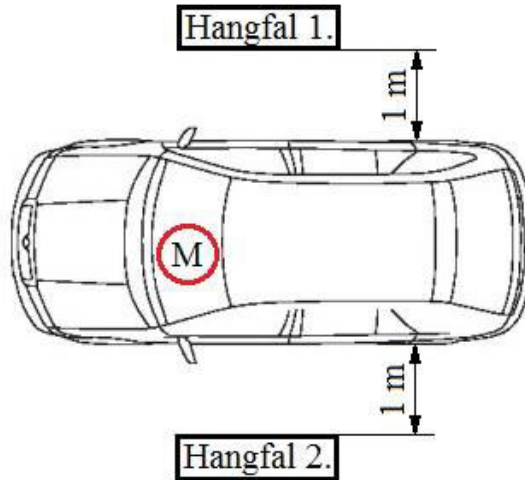
2 Alkalmazott módszerek

2.1 Mérési módszerek

A hangtani vizsgálatokat egy 2004-es évjáratú SKODA Fabia Combi személygépjárművön hajtottuk végre.

A vizsgálatok során két bemenő paramétert; a vizsgálatba vont jármű üzemállapotát (x_1 , dB), valamint a külső környezetből érkező gerjesztő hanghatást (x_2 , dB) három szinten változtattuk. Ezek lehetséges kombinációi adták a vizsgálati pontokat.

Az akusztikai mérések kivitelezése során szabványban rögzített [10], valamint szakirodalmi ajánlásokat [11] egyaránt figyelembe vettünk. Két Hohner Stereo 50+ hangfal került a gépkocsi két oldalán, attól 1 méteres távolságban elhelyezésre. A Svantek 959 zajszintanalizátor a járművezető jobb fülének magasságában volt rögzítve. Rögzítésre került az utastérben kialakult egyenértékű hangnyomásszint (L_{Aeq} , dB) értéke, mely az utastér hangminőségének számszerűsítésére megfelelő változó.



1. ábra Mérési elrendezés

2.2 Kiértékelés módszerei

A mérések kiértékelése során két eltérő jellegű módszert alkalmaztunk.

A válaszfelületek módszere (Response surface methodology, RSM) alkalmas eljárás a független (bemeneti) változók és a kimenet (függő változó) közötti kapcsolat matematikai leírására. Ez a válaszfüggvény, mely a bemenő paramétereket, azok második hatványát és keresztszorzatát tartalmazza az (1) egyenlet szerint:

$$y = A + B \cdot x_1 + C \cdot x_2 + D \cdot x_1^2 + E \cdot x_2^2 + F \cdot x_1 \cdot x_2 + \varepsilon \quad (1)$$

ahol y a függő változó,

x_1, x_2 , a bemenő paraméterek,

A, B, C, D, E, F empirikus konstansok,

ε a modell hibája.

A méréssorozat kiértékelésekor további szignifikanciavizsgálat is végrehajtásra kerül, melynek eredménye alapján felírható redukált empirikus modell [12][13].

A statisztikai módszerek alkalmazása azonban elsősorban akkor célszerű, amikor megfelelő méretű adatbank áll rendelkezésre a keresett összefüggések részletes elemzésére. Sok esetben azonban a információhalmaz nem elégséges, hiányos. Továbbá számos olyan helyzet adódik, amikor a precizitásnál előbbre való a tényközlés. Ilyen esetekben jól alkalmazhatók a lágyszámítási eljárások, melyek rugalmasságuk révén jobb eredményt adhatnak a matematikailag nehezen kezelhető problémák leírásakor [14].

A fuzzy logika és a fuzzy alapú következtetés Zadeh [15] nevéhez fűződik, lehetővé teszi a kétértékű logika kiterjesztését, így a határátmenetek jobb kezelhetőségét. Jól alkalmazható, ha nem áll rendelkezésre megfelelő mennyiségű információ a vizsgált rendszerről.

A mérési eredmények kiértékelését Sugeno típusú fuzzy következtetés felhasználásával is végrehajtottam.

A vizsgálatok során rögzített pontokat alkalmaztuk modellalkotásra, majd a megfelelőség és pontosság tanulmányozását további confirmáló mérési pontok kiértékelésével is végrehajtottuk. Ezek olyan beállítási paramétereket tartalmaznak, melyek az eredetileg meghatározott értéktartomány elemei, viszont a megadott kombinációkat a modellek megalkotásakor nem vettük figyelembe. Így tanulmányozható a modellek köztes pontokban való viselkedése.

3 Eredmények

A válaszfelületek módszere során a mérési eredmények felhasználásával létrehozott empirikus összefüggés az utastérben tapasztalható egyenértékű hangnyomásszint meghatározására a (2) egyenlet szerint alakul:

$$L_{Aeq} = -28,24 + 15,92 \cdot x_1 + 1,0584 \cdot x_2 - 0,1717 \cdot x_1 \cdot x_2 \quad (2)$$

ahol L_{Aeq} , dB, az egyenértékű hangnyomásszint,
 x_1 , a jármű üzemállapota, mint minőségi változó,
 x_2 , dB, a külső forrásból eredő gerjesztő hanghatás.

A fenomenológiai modell megfelelő pontossága, jósága statisztikai úton, reziduum vizsgálatokkal került alátámasztásra. Megállapítható az 1. táblázat alapján, hogy a modellalkotásra használt mérési pontokban, valamint a confirmálásra használt beállítások esetén is jól közelíti a mért eredményeket (-1,94...2,87%), így alkalmas az utastér zajszintjének számszerűsítésére [16].

1. táblázat Statisztikai és lágszámítási eljárások pontosságának összehasonlítása

Mérési pont	L_{Aeq_m} , dB	L_{Aeq_RSM} , dB	ΔL_{Aeq_RSM} , %	L_{Aeq_F} , dB	ΔL_{Aeq_F} , %
1	47,2	47,12	-0,18%	47,1	-0,21%
2	57,45	56,96	-0,86%	57,5	0,09%
3	72,75	73,15	0,55%	72,7	-0,07%
4	49,35	50,81	2,87%	49,2	-0,30%
5	60,2	59,05	-1,94%	60,1	-0,17%
6	72,65	72,62	-0,04%	72,6	-0,07%
7	55,35	54,50	-1,56%	55,3	-0,09%
8	60,4	61,15	1,22%	60,5	0,17%
9	72,15	72,09	-0,09%	72,3	0,21%
10	59,9	59,60	-0,50%	60,1	0,33%
11	53,6	53,29	-0,58%	53,4	-0,37%
12	69,7	69,37	-0,47%	69,3	-0,57%

A vizsgálatok fuzzy következtető rendszerrel való kiértékelése során Sugeno típusú következtetést alkalmaztunk. Az egyes halmazok leírása háromszög és trapéz alakú tagsági függvényekkel történt. A modellépítéshez ez esetben is az 1. táblázat 1-9 sorának értékei, míg a megfelelőség vizsgálatához az 1-12. sort alkalmaztuk.

Megállapítható, hogy jobb pontosság érhető el Sugeno típusú fuzzy következtető rendszer alkalmazásakor, ekkor ugyanis a fenomenológiai modell pontossága -0,57...0,33% között alakul. Továbbá reziduum vizsgálatok alátámasztották a reziduumok 0-hoz közeli várható értékét, alacsony szórását, valamint normál eloszlását. Ezen felül heteroszkedaszticitás szempontjából is megfelelőek [17].

4 Konklúzió

Akusztikai vizsgálatokon alapuló empirikus modelleket alkottunk az utastérben kialakuló zajszint számszerűsítésére.

Megállapítottuk, hogy a reziduumok nagyságrendje mindkét légyszámítási eljárás esetén megfelelően kicsi: válaszfelületek módszere esetén $-1,94...2,87\%$, azonban Sugeno következtetés esetén kisebb eltérések ($-0,57...0,33\%$) tapasztalhatók a modellalkotási és konfirmáló beállítások együttes értékelése során.

Továbbá Sugeno típus alkalmazásának esetén a reziduumok várható értéke 0, szórása igen kicsi és eloszlása normális.

Mindezeket egybevéve a különböző típusú (statisztikai és légyszámítási) eljárások elemzése alapján megállapítható, hogy a Sugeno következtető rendszeren alapuló empirikus modell tekinthető jobbnak.

További vizsgálatok során szeretnénk vizsgálni a megalkotott fenomenológiai modellek általánosítóképességét, melyet további járműtípusok vizsgálatba vonásával fogunk megvalósítani.

Köszönetnyilvánítás

A kutatáshoz az Új Széchenyi Terv keretein belül az EFOP-3.6.1-16-2016-00010 számú projekt biztosított forrást. A kutatás az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg, mely támogatáshoz ezúton szeretnék köszönetet mondani.

Külön köszönet illeti Szabó Dánielt, a Zajkontroll Kft munkatársát a mérések során nyújtott segítségéért.

5 Hivatkozások

- [1] Melegh, G. (2004). Gépjárműszakértés. Maróti Könyvkereskedés és Könyvkiadó Kft
- [2] Schneider, S. (2005). "Unfallflucht" – oder war der Anstoß für den Fahrer nicht wahrnehmbar?. Verkehrsbund Ruhr-Rhein 6/2005.
- [3] Schmedding, K. (2011). Leichtkollisionen. Wahrnehmbarkeit und Nachweis von Pkw-Kollisionen. Vieweg+ Teubner Verlag. 2012, ISBN 978-3-8348-2006-8; DOI 10.1007/978-3-8348-2007-5
- [4] Irmeler, J. (2016). Wahrnehmbarkeit von Kleinkollisionen moderner Fahrzeuge unter speziellen Winkeleinstellungen, Teil 1, VKU 7/2016. S. 260-274.
- [5] Irmeler, J. (2016). Wahrnehmbarkeit von Kleinkollisionen moderner Fahrzeuge unter speziellen Winkeleinstellungen, Teil 2, VKU 9/2016. S. 308-314.
- [6] ECE-R 42 (1980). Uniform Provisions Concerning The Approval Of Vehicles With Regard To Their Front And Rear Protective Devices (Bumpers, Etc.), United Nations
- [7] Meyer, S., et al. (1999). FIP - Forward Inclined Position. Insassenbelastung infolge vorgebeugter Sitzposition bei leichten Heckkollisionen. Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik 7/8/1999
- [8] Angelescu, A., Catalina, T., Vartires, A. (2017). Acoustic Measurements inside a Vehicle with Different Air Prototype Diffusers. *Romanian Journal of Acoustics and Vibration*, 14(1), 15.
- [9] Parizet, E., Nosulenko, V., Amari, M., Lorenzon, C. (2005). Free verbalizations analysis of

- the perception of noise and vibration in cars at idle. *Acta Acustica united Acta*, (Suppl 1).
- [10] ISO 5128-1980 (1980). Measurement of Noise inside Motor Vehicles
- [11] Putra, A., Munir, F. A., Juis, C. D. (2012). On a simple technique to measure the airborne noise in a car interior using substitution source. *International Journal of Vehicle Noise and Vibration*, 8(3), 275-287.
- [12] Johanyák, Cs. Z. (2002). Bevezetés a kísérletmódszertanba.
- [13] Myers, R. H., Montgomery, D. C., Anderson-Cook, C. M. (2006). Response surface methodology- Process and Product Optimization Using Designed Experiments, John Wiley and Sons, Inc., ISBN 978-0-470-17446
- [14] Johanyák, Cs. Zs. (2004). Fuzzy következtetési módszerek. Főiskolák Matematika, Fizika és Számítástechnika Oktatóinak XXVIII. Országos Konferenciája
- [15] Zadeh, L. A. (1965). Information and control. Fuzzy sets, 8(3), 338-353.
- [16] Lukács, J., Melegh, G. (2019). Response surface methodology for objective evaluation of vehicle interior noise. *Romanian Journal of Acoustics and Vibration* 16 (1) pp. 52-57.
- [17] Lukács, J. (2020) A fuzzy approach for in-car Sound quality prediction. *Acta Polytechnica Hungarica* – elfogadva