



Lágyszámítási módszerek közlekedésbiztonsági aspektusai

Traffic safety aspects of soft computing methods

¹Lukács Judit

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

Összefoglalás

Napjaink közlekedési szokásai jelentősen megváltoztak. Közlekedésbiztonsági szempontból fontos a közlekedési környezet vizsgálata is, így a külső eredetű zajok hallgatóságának objektív megítéskése. Jelen tanulmányban az utastérben kialakuló zajszint számszerűsítésére alkalmas fuzzy alapú modellek kerülnek bemutatásra és összehasonlításra. Az eredmények alapján a Sugeno típusú eljárás tekinthető pontosabbnak: a reziduumok terjedelme alacsonyabb -0,40...0,20 dB (-0,57...0,33%), továbbá normál eloszlást követnek 0 körüli várható értékkel és kicsi szórással.

Kulcs szavak: fuzzy következtető rendszer, közlekedésbiztonság, Mamdani típusú következtetés, Sugeno típusú következtetés

Abstract

Our traffic habits have enormously changed in the past decades. In analytical aspects, the investigation of the whole traffic environment is important even when analyzing the audibility of outer sourcing noise effects. In this paper, fuzzy-based phenomenological models are introduced and compared that can predict cabin noise level. The Sugeno type inference system was found better: the magnitude of the residuals was lower: -0,40...0,20 dB (-0,57...0,33%), and the residuals follow a normal distribution with a mean of approximately 0 and a low value of standard deviation.

Keywords: fuzzy systems, traffic safety, Mamdani type inference, Sugeno type inference

1 Bevezetés

Napjaink közötti közlekedési szokásai jelentősen megváltoztak a korábbi évtizedekhez képest. A járművek száma jelentősen megnövekedett [1]. Emellett megjelentek a részlegesen automatizált járművek is [2]. Mindezek következtében, közlekedésbiztonsági szempontból előtérbe került a közlekedési környezet átfogó vizsgálata. Azonban ezen elemzések legérzékenyebb „eleme” az ember, a személyből adódó szubjektivitás.

Kosztolányi-Iván és társai kimutatták, hogy bizonyos úttípusok felismerése nehézségeket okoz, míg mások besorolása egyértelmű a járművezetők számára [3]. További tanulmányok arra is rávilágítottak, hogy ez a folyamat azonban szoros összefüggésben van a haladási sebességgel. A környezet detektálása jelentősen javítható biológiai ihletésű rendszerek alkalmazásával [4].

A vizuális detektáláson túl, nagy jelentőséggel bír a közlekedési környezet zajossága, mely a

járművezető koncentrációs képességét is jelentősen befolyásolja.

A közúti zaj óránkénti mértékének közelítő számítására Singh és társai [5] négy különböző eljárást vizsgáltak. Ezek között egy hagyományos (lineáris modell) és három légyszámítási módszer (döntési fák, véletlen erdők, mesterséges neurális hálók) szerepelt. A modellalkotáshoz a Patiala városában regisztrált mérések eredményeit használták. Arra a következtetésre jutottak, hogy a leginkább pontos és stabil eredményt a véletlen erdők esetén kapták.

Szintén fontos szempont az utastérben kialakuló zaj meghatározása és jellemzése [6], mely nem csupán a közúti járművek esetén bír döntő fontossággal [7].

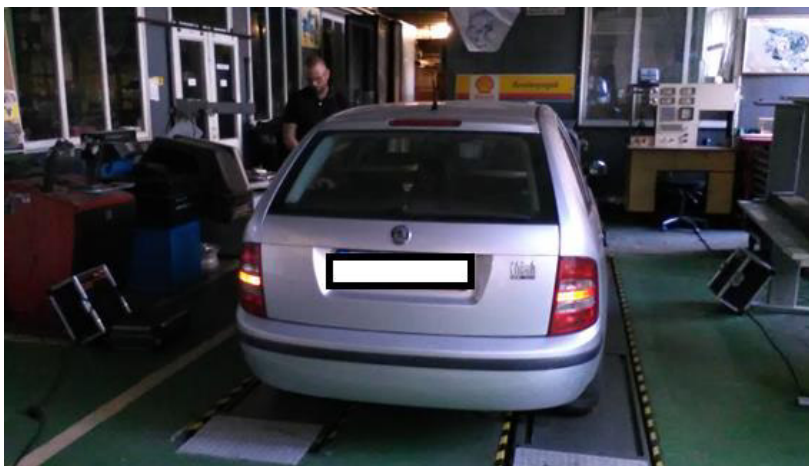
Így összességében megállapítható, hogy egyre nagyobb szerepet kapnak a különböző légyszámítási eljárások, melyek lehetővé teszik a hangérzékelés szubjektivitásának figyelembe vételét.

Jelen tanulmány keretein belül két akusztikai méréssorozat eredményein alapuló fuzzy alapú prediktív modell kerül bemutatásra. Az utastérben kialakuló egyenértékű hangnyomásszint becslésére alkalmas modellek összehasonlítását a pontosság és a megfelelőség szempontjából végzem el.

2 Alkalmazott módszerek

2.1 Vizsgálati módszerek

Az akusztikai vizsgálatok egy 2004-es évjáratú Skoda Fabia személygépjárművön kerültek végrehajtásra. A mérések során egy kéthangfalas Hohner Stereo 50+ rendszert és egy Svantek 959 zajszintanalizátort használtam. A hangfalak a jármű két oldalán, attól 1 méter távolságra, míg a mikrofon az utastérben, a járművezető jobb fülének magasságában kerültek elhelyezésre. A vizsgálati elrendezést szemlélteti az 1. ábra



1. ábra Mérési elrendezés

A vizsgálatok végrehajtása során szakirodalmi ajánlásokat vettem figyelembe [6][9]. A mérés során az egyenértékű hangnyomásszint értékének rögzítése zárt ajtók és ablakok mellett történt. Vizsgálózájként rózsazajt alkalmaztam.

A mérési terv megalkotásakor két bemeneti változóként a gépkocsi üzemállapotához tartozó egyenértékű hangnyomásszintet (x_1 , dB), valamint a külső forrásból eredő gerjesztő hanghatás

szintjét (x_2 , dB) választottam. Mindkét változót három szinten változtattam. A méréseket ezek összes lehetséges kombinációja esetén végrehajtottam.

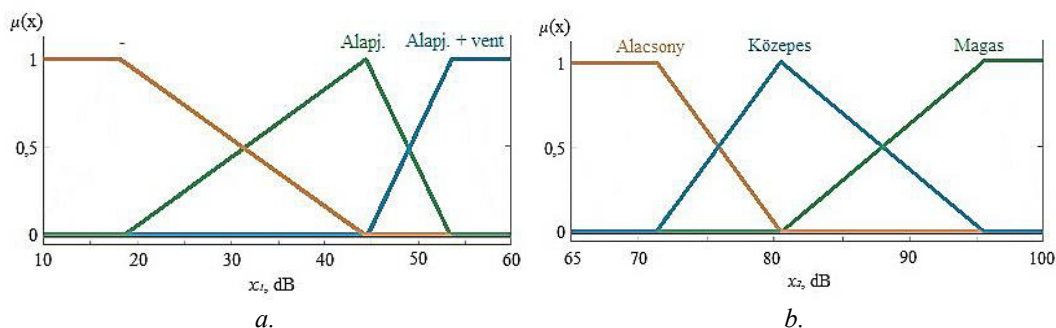
Az egyenértékű hangnyomásszint értékét rögzítettem, mely a környezeti zaj megváltozásának jellemzésére alkalmas paraméter [10].

2.2 Modellalkotási módszerek

L. A. Zadeh [11] nevéhez kötődik a fuzzy halmazok és a fuzzy logika, mely lehetővé teszi a részizagság matematikai kezelését. Így számos olyan probléma modellezhető, mely nehezen vagy nem algoritmizálható. A leggyakrabban alkalmazott fuzzy következtető rendszerek a Mamdani [12] és a Sugeno [13] típusú eljárás. Számos fenomenológiai modell alapul ezeken.

A prediktív modellek létrehozása során ezt a két módszert alkalmaztam. A rendszerek összehasonlítását elősegítendő, a bemeneti változók tagsági függvényei és partíciói azonosak voltak, csupán a kimenetek jellege volt eltérő.

A bementi változók szintjei tagsági függvényekkel való leírását a 2. ábra szemlélteti.



2. ábra Bemeneti változók partíciói

a. x_1 tagsági függvényei

b. x_2 tagsági függvényei

A felhalmozott szakértői tudás a szabálybázisban rögzíthető: így lehet leírni a bemenetek és a kimenetek közötti kapcsolatot. A következtető rendszer szabálybázisa látható az 1. táblázatban.

1. Táblázat Szabálybázis

Szabály		x_1 , dB		x_2 , dB		$L_{Aeq, Mi}$, dB	$L_{Aeq, S}$, dB
R_1	IF	-	AND	alacsony	THEN	y_1	47,20
R_2		-		közepes		y_2	57,45
R_3		-		magas		y_3	72,75
R_4		alapj.árat		alacsony		y_4	49,35
R_5		alapj.árat		közepes		y_5	60,20
R_6		alapj.árat		magas		y_6	72,65
R_7		alapj. + vent		alacsony		y_7	55,35
R_8		alapj. + vent		közepes		y_8	60,4
R_9		alapj. + vent		magas		y_9	72,3

A következtető rendszer utolsó lépése Mamdani féle eljárás esetén a defuzzifikáció. Sugeno típusú módszer esetén a kimenet crisp érték, így nincs szükség defuzzifikációra.

Korábbi tanulmányok [14] eredményei alapján a modellek összehasonlításakor Largest of Maxima defuzzifikációs eljárást alkalmaztam.

3 Eredmények és következtetések

A mérések során rögzített, és a modellek alapján számított eredményeket tartalmazza az 2. táblázat 1-9. sora, melyek a modellalkotáshoz használt beállításokat tartalmazza.

Megállapítható, hogy mind a Mamdani, mind pedig a Sugeno típusú eljárás alkalmazása esetén megfelelő pontosság érhető el az utastérben kialakuló egyenértékű hangnyomásszint számítása során; a reziduumok nagyságrendje $\pm 0,25$ dB a Mamdani, és $\pm 0,15$ dB a Sugeno típusú következtetés esetén. Ebből a szempontból jelentős eltérés nem állapítható meg a modellek között.

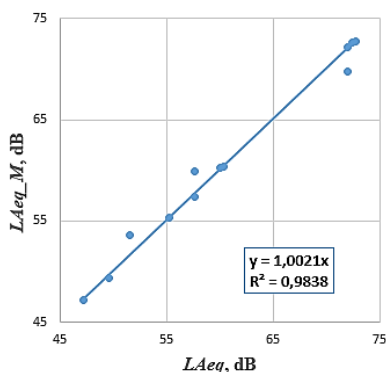
További konfirmáló mérés is végrehajtásra került, mely beállítások során a bementi paraméterek értékei az eredetileg vizsgált intervallumból származnak, de értékeik a modellalkotás során használt értékektől eltérőek (lásd 2. táblázat 10-12. sora). Ezek segítségével vizsgálható a modell megfelelősége a teljes vizsgált paramétertartományon.

2. Táblázat Mért és számított eredmények összehasonlítása

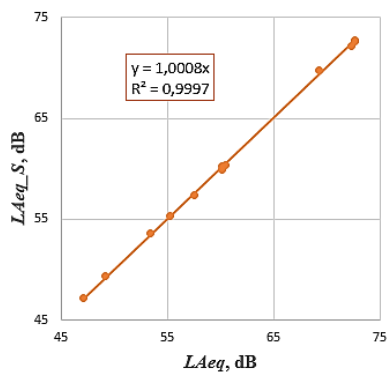
M. p.	x_1	x_2	L_{Aeq}	L_{Aeq_M}	ΔL_{Aeq_M}	ΔL_{Aeq_M}	L_{Aeq_S}	ΔL_{Aeq_S}	ΔL_{Aeq_S}
	dB	dB	dB	dB	dB	%	dB	dB	%
1.	18,4	71,2	47,2	47,2	0,00	0,00	47,1	-0,10	-0,21%
2.	18,4	80,5	57,45	57,6	0,15	0,26	57,5	0,05	0,09%
3.	18,4	95,6	72,75	72,8	0,05	0,07	72,7	-0,10	-0,07%
4.	44,5	71,2	49,35	49,6	0,25	0,51	49,2	-0,15	-0,30%
5.	44,5	80,5	60,2	60,0	-0,20	-0,33	60,1	-0,10	-0,17%
6.	44,5	95,6	72,65	72,4	-0,25	-0,34	72,6	-0,05	-0,07%
7.	53,6	71,2	55,35	55,2	-0,15	-0,27	55,3	-0,05	-0,09%
8.	53,6	80,5	60,4	60,4	0,00	0,00	60,5	0,10	0,17%
9.	53,6	95,6	72,15	72,0	-0,15	-0,21	72,3	0,15	0,21%
10.	18,4	83,1	59,9	57,6	-2,30	-3,84	60,1	0,20	0,33%
11.	44,5	74,8	53,6	51,6	-2,00	-3,73	53,4	-0,20	-0,37%
12.	53,6	91,7	69,7	72,0	2,30	3,30	69,3	-0,40	-0,57%

A modellalkotási és konfirmáló pontok együttes kiértékeléskor a Mamdani típusú eljárásról megállapítható, hogy a reziduumok nagysága $\pm 2,30$ dB (-3,84...3,30%). A Sugeno féle modell ennél valamivel jobb pontosságot eredményez, az eltérések -0,40...0,20 dB (-0,57...0,33%) értékűek.

Szintén vizsgálandó a modellek illeszkedése a mérési eredményekre. Ezt szemlélteti a 3. ábra, mely a számított értékeket a mért értékek függvényében ábrázolja. Amennyiben ezek megegyeznek, a pontthalmazra az identitás függvény illeszthető (45°-os egyenes, $y = x$ egyenlettel). Megfigyelhető, hogy a 3. ábra b részén látható Sugeno féle modell jobban közelíti az identitást, így pontosabb, kisebb eltéréseket mutat.



a.



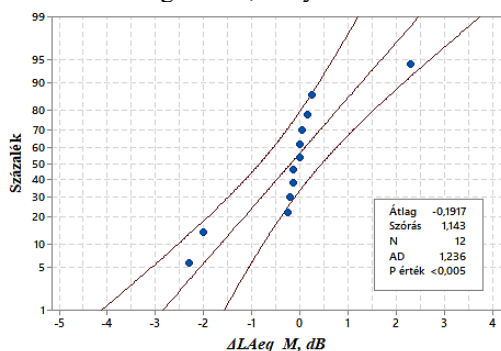
b.

3. ábra A modellek illeszkedése

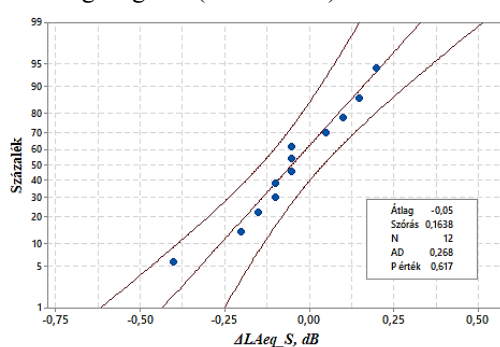
a. Mamdani típusú eljárás

b. Sugeno típusú eljárás

Az empirikus modellek vizsgálata során fontos szempont a reziduumok nagyságrendje mellett az eloszlás vizsgálata is, mely történhet normalitásháló segítségével (lásd 4. ábra).



a.



b.

4. ábra A modellek illeszkedése

a. Mamdani típusú eljárás

b. Sugeno típusú eljárás

Fenomenológiai modellek jósága akkor állapítható meg, ha a reziduumok normál eloszlást követnek 0 közeli várható értékkel és kis nagyságú szórással. A 4. ábra alapján megállapítható, hogy mindkét modell esetén a az átlag és a szórás kis értékkel bír. Azonban a 4. ábra a. részén, a Mamdani féle modell normalitáshálóján látható, hogy a reziduumok nem követnek normál eloszlást, mivel a P érték $< 0,005$. Ezzel szemben a b. résznél látható Sugeno típusú reziduumai normál eloszlást követnek (P érték $= 0,617 > 0,05$).

Így a pontosság és a reziduumok szempontjából egyaránt jobbnak tekinthető a Sugeno féle eljárás alkalmazása az utastérben kialakuló hangnyomásszint számítására.

4 Hivatkozások

- [1] Kolnhofer-Derecskei, A., Reicher, R. Z., & Szeghegyi, Á. (2019). Transport Habits and Preferences of Generations—Does it Matter, Regarding the State of The Art. *Acta Polytechnica Hungarica*, 16(1), 29-44.
DOI: 10.12700/APH.16.1.2019.1.2
- [2] Dresner, K. M., & Stone, P. (2007, January). Sharing the road: Autonomous vehicles meet human drivers. In *Ijcai* (Vol. 7, pp. 1263-1268).
- [3] Kosztolányi-Iván, G., Koren, C., & Borsos, A. (2019). Can People Recognize More Than Six Road Categories?. *Acta Polytechnica Hungarica*, 16(6).
DOI: 10.12700/APH.16.6.2019.6.13
- [4] Fazekas, Z., Balázs, G., Gáspár, P. (2018). ANN-based Classification of Urban Road Environments from Traffic Sign and Crossroad Data. *Acta Polytechnica Hungarica*, 15(8), 83-100.
DOI: 10.12700/APH.15.8.2018.8.4
- [5] Singh, D., Nigam, S. P., Agrawal, V. P., & Kumar, M. (2016). Vehicular traffic noise prediction using soft computing approach. *Journal of environmental management*, 183, 59-66.
DOI: 10.1016/j.jenvman.2016.08.053
- [6] Radio, N., Novak, C., & Ule, H. (2011). Experimental evaluation of vehicle cabin noise using subjective and objective psychoacoustic analysis techniques. *Canadian Acoustics*, 39(4), 27-36.
- [7] Liu, Z. S., Lu, C., Wang, Y. Y., Lee, H. P., Koh, Y. K., & Lee, K. S. (2006). Prediction of noise inside tracked vehicles. *Applied acoustics*, 67(1), 74-91.
DOI: 10.1016/j.apacoust.2005.05.003
- [8] Ford, R. D., Hughes, G. M., & Saunders, D. J. (1970). The measurement of noise inside cars. *Applied Acoustics*, 3(1), 69-84.
- [9] 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.
- [10] Bera, J., Pokorádi, L. (2015). Monte-Carlo Simulation of Helicopter Noise. *Acta Polytechnica Hungarica*, 12(2), 21-32.
DOI: 10.12700/APH.12.2.2015.2.2
- [11] Zadeh, L. A. (1965). Information and control. *Fuzzy sets*, 8(3), 338-353.
- [12] Mamdani, E. H. (1974, december). Application of fuzzy algorithms for control of simple dynamic plant. In *Proceedings of the institution of electrical engineers* (Vol. 121, No. 12, pp. 1585-1588).
- [13] Sugeno, M., Yasukawa, T. (1993). A fuzzy-logic-based approach to qualitative modeling. *IEEE Transactions on fuzzy systems*, 1(1), 7.
- [14] Lukács, J. (2019, September). Comparison of defuzzification methods for cabin noise prediction of passenger cars. In *2019 IEEE 17th International Symposium on Intelligent Systems and Informatics (SISY)* (pp. 000115-000120). IEEE.