



FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA XVIII.

Kolozsvár, 2013. március 21–22.

HELIKOPTER LESZÁLLÓHELY ZAJKIBOCSÁTÁSÁNAK MONTE-CARLO SZIMULÁCIÓJA

POKORÁDI László, BERA József

Abstract

Nowadays, by spread of the helicopter flight heliports have become major environmental problem. This paper shows a Monte-Carlo simulation analysis method that can be used to prognosticate the noise emission of heliports and to analyze its uncertainty.

Key words:

aviation, environmental protection, risk management

Összefoglalás

Napjainkban a helikopteres repülés terjedésével a leszállóhelyek jelenős környezetvédelmi problémát jelenthetnek. Tanulmányunkban egy Monte-Carlo szimulációs elemzési módszert mutatunk be heliport zajkibocsátásának előrejelzésére, illetve bizonytalanságának elemzésére.

Kulcsszavak:

Repülés, környezetvédelem, kockázatkezelés

1. Bevezetés

A XXI. században már teljesen elfogadott tény, hogy az emberi tevékenységekhez – legyen az termelés, szolgáltatás vagy a szabadidő eltöltése – mindig kapcsolódik valamilyen közlekedési eszköz használata. Ezért a környezetterhelés meghatározó elemének tekintjük a közlekedést, és ezen belül a repülést. A mindennapi helikopteres repülés megjelenésével a leszállóhelyek zajkibocsátása fontos, a laikusok irányában megoldásra váró környezetvédelmi problémát okoz a szakembereknek.

A tanulmány egy Monte-Carlo szimulációs eljárást mutat be, mely lehetőséget jelent egy helikopter leszállóhely-zajkibocsátás változásának becslésére, prognosztizálására. A vizsgálati módszer alkalmas a határérték túllépés, az előírásoknak való megfelelés bizonytalanságának leírására, illetve a biztonságos megfelelés igazolására és ennek bemutatása akár laikusok számára is.

2. Helikopter leszállóhelyek zajkibocsátásának környezetvédelmi kérdései

Helikopter leszállóhely környezeti hatását alapvetően a zajterheléssel azonosítjuk. A repülési zajterhelést az alábbi egyenlettel határozzuk meg [1] alapján:

$$L_{AM, re} = 10 \cdot \lg \frac{\tau_{ref}}{\tau_M} \cdot M \cdot 10^{0,1 \cdot L'_{Ax}} [dB] \quad (1)$$

ahol: $L_{AM, re}$ – repülésből származó mértékadó A-hangnyomásszint [dB]; τ_{ref} . 1 s;

3. A Monte-Carlo szimuláció

Monte-Carlo módszereknek nevezzük a matematikai feladatok megoldása terén a véletlen mennyiségek modellezését felhasználó numerikus módszert és a jellemzők statisztikus értékelését [2]. Az eljárás lényege az, hogy az egyes bizonytalan rendszer bemeneti tényezőihez rendelt valószínűség-eloszlások alapján véletlenszerűen választjuk ki azok értékeit. Az így kiválasztott kiinduló adatokat a szimulációs vizsgálat egy-egy kísérletében a modell egy-egy gerjesztéseként használjuk fel. A modell futási eredményeinek statisztikai elemzésével tudjuk meghatározni a rendszer lehetséges válaszainak valószínűségi jellemzőit. Ezen jellemzők szakmai elemzése alapján lehet megfelelő következtetéseket levonni a vizsgált rendszer (mely esetünkben egy helikopter leszállóhely) viselkedésével kapcsolatban. A szimuláció során a gerjesztések meghatározásához az úgynevezett kizorításos módszert alkalmazhatjuk. Az eljárás lényege az 1. ábrával szemléltethető, és az alábbiak szerint írható le:

Az egyenletes eloszlású véletlenszám-generátor – ezzel minden programnyelv rendelkezik – felhasználásával kiválasztunk a gerjesztési tartományon belül egy x értéket, majd ehhez hozzárendelünk egy y_x véletlen értéket. Az előre meghatározott sűrűség függvény alapján döntünk a generált x számról:

- ha $y_x > f(x)$, „elvetjük” az adott x értéket (1. ábra **A** pontja);
- ha $y_x \leq f(x)$, „megtartjuk” és a szimuláció során felhasználjuk az adott x értéket (**B** pont).

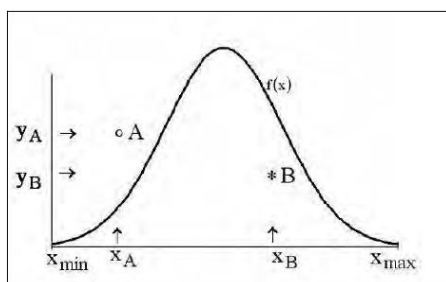
4. Helikopter leszállóhely zajkibocsátásának Monte-Carlo szimulációs becslése

Példánkban egy helikopter leszállóhely átlagos napi műveletszáma – ha adott napon onnan fel- vagy leszállás történt – közel egyenletes eloszlással 1 és 5 közötti. A leszállóhelyet használó helikopterek által gerjesztett átlagos repülési zajeseményszintek – a gépek típusa, és terhelése, valamint az időjárási helyzet függvényében – 78 dB és 89 dB közötti értékkel bírnak. Az átlagos repülési zajeseményszintek ($L'_{AX-mért}$) egyszerű statisztikai elemzése alapján kijelenthető, hogy megfelelő közelítéssel normál eloszlásúként kezelhető a kialakult helyzet az 1. táblázatban megadott paraméterekkel.

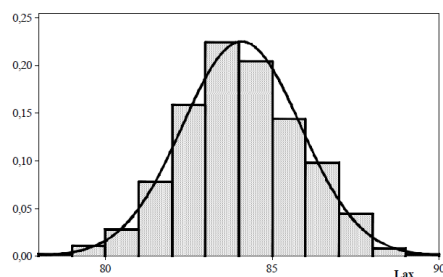
Feltételeztük, hogy egy párnapos rendezvény miatt a leszállóhely forgalma körülbelül 6 – 10 közötti értékre növekedhet. Kérdésként merült fel, hogy a rendezvény során a leszállóhelytől származó repülési zajterhelés milyen mértékű lesz, illetve milyen valószínűséggel lépi túl a megengedett 65 dB határértéket?

A feltett kérdésekre várt válaszokat a helikopter leszállóhelytől származó zajterhelés Monte-Carlo szimulációs becslésével határoztuk meg.

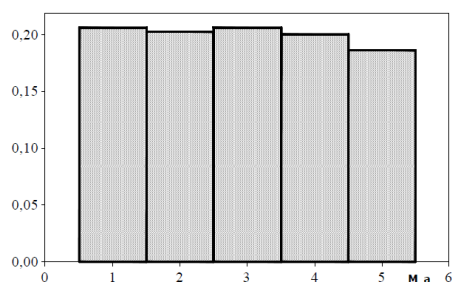
Az (1) egyenlet lesz a szimulációnk során alkalmazott determinisztikus modell, amit véletlenszerűen kiválasztott M műveletszám, és L'_{AX} átlagos repülési zajeseményszint értékekkel gerjesztünk. Szimulációt végeztünk az átlagos napi „*alap*”, majd a tervezett rendezvény során várható „*esemény*” repülési műveletszámra.



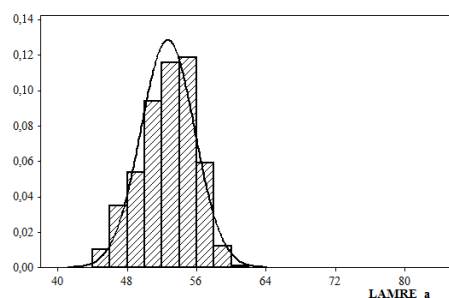
1. ábra. A kiszorításos véletlen szám generálás



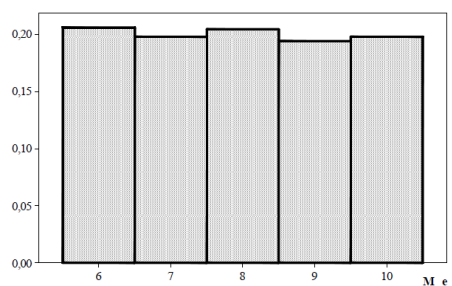
2. ábra. Az átlagos repülési zajesemény szint ($L'_{AX-gerj}$) hisztogram



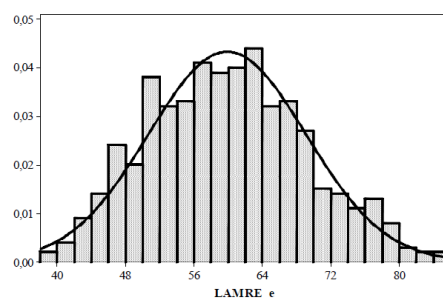
3. ábra. „Alap” repülési műveletszám hisztogram



4. ábra. „Alap” repülési zajterhelés hisztogram



5. ábra. „Esemény” repülési műveletszám hisztogram



6. ábra. „Esemény” repülési zajterhelés hisztogram

1. táblázat A szimuláció adatainak statisztikai elemzése

	Minimum	Átlag	Maximum	Szórás
$L'_{AX-mért}$ [dB]	78	84	89	1.830
$L'_{AX-gerj}$ [dB]	78.031	84.083	89.362	1.782
M_{alap}	1	2.958	5	1.404
$L_{AM,re-alap}$ [dB]	44.900	52.673	60.100	3.100
$M_{esemény}$	6	7.98	10	1.148
$L_{AM,re-esemény}$ [dB]	39.100	59.878	85.400	9.223

A két szimuláció eredményeinek hisztogramjait a 4. illetve 6. ábrák szemléltetik, főbb statisztikai adataik szintén az 1. táblázatban találhatók meg. A kapott eredmények statisztikai elemzése alapján mutatható ki annak a valószínűsége, hogy a helikopter leszállóhely által keltett repülési zajterhelés meghaladja a 65 dB-es határértéket, ami átlagos napi forgalom esetén $3.48 \cdot 10^{-5}$ gyakoriságot jelent, ami elhanyagolható érték, a tervezett rendezvény esetén ez az érték 0.28885 (kb. 29 %).

A repülésből adódó környezetterhelés mértékét a gyakorlatban két fő szempontból vizsgáljuk, egyrészt a határérték túllépések bekövetkezése, másrészt a zajterhelés változás bekövetkezése és annak értéke kap jelentőséget. Az elméleti összefüggéseket mindkét részterületre ki kell terjeszteni, mivel az érintett környezet érzékenyen reagál a változásokra is, vagyis bizonytalanságot okoz a rendszer és környezete kapcsolatában. Ennek ismerete ugyanakkor a rendszerhatárok időben bekövetkező változásait is fontos, vagyis a kérdéses környezetterhelés bekövetkezésének és a terhelés mértékében várható változás mértékének becslése kerül középpontba. Az 1. táblázatban bemutatott adatok kiegészítő információt adnak a számolt zajterhelés adatok értékeléséhez.

5. Következtetések

A dolgozat röviden bemutatta a Monte-Carlo szimuláció alkalmazási lehetőségét a helikopter leszállóhelyek zajkibocsátásának becslésére.

Fentiekben a két lehetőséget mutattuk be, számszerű eredményekkel. Megállapítható, hogy amíg nem következik be határérték túllépés, az előírásoknak való megfelelés bizonytalansága, vagy a biztonságos megfelelés igazolható és ennek bemutatása lehetséges akár laikusok számára is.

Nagyobb jelentőséget kap a másik eset, amikor határérték túllépés következik be, és ennek valószínűsége számszerű értéket kap, ezzel együtt ez az érték pontosan értékelhető és minősíthető lesz. Egy ilyen elemzés hatékonyan segítheti a munkánkat, amikor mérlegelni kell egy beavatkozás jelentőségét és a várható hatást, rámutatva, hogy nem érdemes bonyolult és hosszadalmas vizsgálatot végezni egy rövidebb vagy eseti környezethasználat miatt.

A Szerzők korábbi eredményeikre és más kapcsolódó munkákra alapozva tervezik jövőbeli tudományos tevékenységüket folytatni. Ennek keretében olyan kockázat- és bizonytalanság elemzési módszereket és eljárásokat terveznek kidolgozni, melyek segíthetik a környezetvédelmi szakemberek és döntéshozók munkáját. Emellett olyan vizsgálati módszer kidolgozása is célkitűzés, ami akkor lesz alkalmazható, mikor egy repülési tevékenység miatt már jelentős, a környezetvédelemmel és a lakosság tájékoztatásával összefüggő feladatsort kell ellátni.

Irodalom

- [1] Bera, J., Pokorádi, L.: *Helikopterzaj elmélete és gyakorlata*, Campus Kiadó, Debrecen, 2010. 192 oldal.
- [2] Pokorádi, L.: *Rendszerek és folyamatok modellezése*, Campus Kiadó, Debrecen, 2008, 242 oldal.

Pokorádi László, a műszaki tudomány kandidátusa
Debreceni Egyetem
Magyarország, 4028 Debrecen, Ótmető u. 2-4.
+36 30 9194929
pokoradi.laszlo@prosysmod.hu

Bera József környezetvédelmi szakértő
Közép-Duna-völgyi Környezetvédelmi,
Természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőség
Magyarország, 1447 Budapest, Pf: 541.
+36 30 3039959
bera@kdvktvf.kvvm.hu; berajo@kabelnet.hu