

Opponensi vélemény

Böröcz Péter János „Áruszállítási rendszerek terepi mérései és elemzésük laboratóriumi csomagolásvizsgálatokhoz, különös tekintettel a véletlenszerű rezgésekre” című akadémiai doktori értekezéséről

1. A témaválasztás

Böröcz Péter János akadémiai doktori értekezésének témája az „Áruszállítási rendszerek terepi mérései és elemzésük laboratóriumi csomagolás-vizsgálatokhoz, különös tekintettel a véletlenszerű rezgésekre”. A választott tárgykör jelentőségének megítélésekor, abból lehet kiindulni, hogy a logisztikai célú csomagolás az áruk szállítása és mozgatása közben felmerülő igénybevételek hatására számos árukárhoz és veszteséghez vezethetnek. Világszerte a költséges „túlcsoomagolás” vagy az árukár kockázatát növelő „alulcsomagolás” között ideális optimumot keresnek.

Az értekezés fő témája a szállítási csomagolások vizsgálata, azon kutatások eredményeit mutatja be, amelyeket a győri laboratóriumban a jelölt a szállítási csomagolások rázóvizsgálatának területén, illetve a szállított áruk vasúti, kombinált és expressz disztribúciós csatornáinak vizsgálata során elért.

A kutatás eredményei egyrészt implementálhatók az ipari gyakorlatban, másrészt a témával foglalkozó kutatók számára új információkkal szolgálnak.

2. Az értekezés és a tézisfüzet felépítése

A doktori mű

Az „Áruszállítási rendszerek terepi mérései és elemzésük laboratóriumi csomagolásvizsgálatokhoz, különös tekintettel a véletlenszerű rezgésekre” című disszertáció 104 oldalas, 70 ábrát és 29 táblázatot tartalmaz; 85 külső és 23 saját publikációra hivatkozik.

Az értekezés felépítésének erénye, hogy a viszonylag rövid, a szakmai háttérrel felvillantó „Bevezetés” és az általa követett módszerek elméleti háttérét és gyakorlati vonatkozásait bemutató fejezet után, a jelölt jól strukturáltan, már saját eredményeit foglalja össze. A 2. fejezet „A közép-európai vasúti áruszállítások során mért rezgésyorsulások elemzése” címet viseli. A 3. fejezet „A közúti futárszolgálatos szállítások során végzett felmérések és eredményei” című. A 4. fejezet témáját a „A kombinált (multi-modális) áruszállítás körülményeinek felmérése és elemzése” képezi. Az 5. fejezet pedig a „Hosszirányú és hosszú időtartamú terepi rázkódások kistehergépjárművel végzett áruszállítás rakomány-stabilitási vizsgálataihoz” témájával foglalkozik. A 6. fejezet témájául a „Halmazolt rakományok terepi rázkódásainak elemzése” tárgykört választotta. Az öt saját szakmai beszámoló fejezet általában 2 db, egy esetben pedig egy tézisével zárul. (Kedvezőnek ítélem, hogy a szakmai fejezetek utolsó részfejezete az „Új tudományos eredmények összefoglalása, gyakorlati implementálási lehetőségei, tézisek” címet viseli).

A Köszönetnyilvánítás után a „Hivatkozott saját publikációk” és a „Irodalomjegyzék” (mindkettő abc-sorrendet követve) zárja a 104 oldalas értekezést. A 6 Függelék a disszertációban levont következtetésekhez szervesen kapcsolódó, de részletekbe menő információkat tartalmaz.

A Tézisfüzet

A Tézisfüzet felépítése a formai előírásokat követi. Az első, „Bevezetés” című fejezet az értékelés céljával és annak felépítésével foglalkozik. A 2. fejezet a „Kutatások módszertana” címet viseli, az adatok elemzésének, a műszerezettségnek, a mérések körülményeinek és a kutatások korlátjainak kérdéseire kitérve. A 3. fejezet témáját az „Új tudományos eredmények” képezik. Szokatlan a jelöltnek az a megoldása, hogy a Tézisfüzetben rendszeresen hivatkozik saját és mások publikációira; ebből következik

aztán a Tézisfüzet végére helyezett – megítélésem szerint – nem odavaló Irodalomjegyzék. A Saját közlemények jegyzéke, nyilvánvalóan, itt elfogadható. Összesen szokatlanul sok, 9 db. tézist fogalmaz meg. Határozottan hiányolható, hogy itt az egyes téziseket nem követi arra való utalás, hogy a szóban forgó tézist a jelöltnek hány – és mely – közleménye támasztja alá. Megfelelő a 3. fejezet egyes részfejezeteinek felépítése, amennyiben a háttér rövid felvillantása után következnek az általában „iker” tézisek, dicséretesen tömören megfogalmazva és némi gyakorlati következménnyel is kiegészítve.

3. Nyelvi, alaki és formai értékelés

Kedvező körülményként említem, hogy az értekezés nyelvezete szakszerű, nem megy túlzott részletekbe. Két dolog azonban kifogásolható. Egyrészt a betűtívesztések és a mondatokon belüli egyeztetési hibák meglehetősen nagy száma arra utal, hogy a jelölt beadás előtt nem talált időt az értekezés szövegének végső ellenőrzésére. (Jelen bírálókat ezeknek a „problémás helyeknek” hosszú listáját sorolja fel.) Másrészt pedig a szövegezés kissé sematikus, igénytelen. Nem egy esetben két-három egymást követő mondat állítmánya megegyezik, pedig számos más lehetőség is kínálkozna. Túlságosan gyakori (mintegy 500-szor alkalmazott) a „került” – „kerültek” állítmányú mondat. Disszertációban nem indokolt a „semleges” megfogalmazásra törekvés, sokkal inkább a Jelölt tevékenységének kidomborítása a cél. Inkább szokatlan érdekességként említhető, hogy sok esetben fordul elő a „kettő” jelzőként alkalmazott számnév választása, az ilyen esetekben sokkal elterjedtebb „két” helyett. (Például, „ugyancsak kettő olyan szabvány javasolt”)

A doktori mű ugyanakkor szép kiállítású, a megértés elősegítése érdekében, a szöveget ízléses ábrák és fényképek is szemléltetik.

4. Részletes megjegyzések

A következőkben – piros színnel jelezve a helyes(ebb)nek tartott megoldást - néhány (semmiképpen nem a teljességre törekvő számú) olyan megjegyzést fogalmazok meg, illetve pontatlanságra mutatok rá, amelyek a doktori művet alapjaiban nem érintik, csupán a Jelölt formális kérdésekben megnyilvánuló, illetve részletekre vonatkozó lelkiismeretességének mértékét jellemzik.

6. oldal utolsó előtti bekezdés „Az értekezés 1. fejezete” kezdetű **mondat csonka**.

6. oldal alulról 7. sor ...foglalkozik....

8. oldal alján ...A szállítás közben felmerülő rázkódások alapvetően **kettő két** forrásból származhatnak. Külső forrásaik, például, a pályaegyenetlenség által gerjesztett mozgások, illetőleg belső forrásaik, például, a jármű kerekei által átadott kiegyensúlyozatlan forgómozgások, vagy maga a jármű motorjától származó rázkódások.....

9. oldal alulról 18. sor**rezgés**csillapító....

9. oldal alulról 12. sor ... bekövetkezik szabad **rezgés** is...

9. oldal alulról 7-10. sor Hasonlóképpen akkor is, amikor a jármű, például, **egy** kátyúra fut, amelyen a gerjesztett rezgés erőteljesebbé válik, mialatt a kátyún áthalad a jármű, majd azután átvált szabad mozgásba, amíg a gerjesztett rázkódás energiája el nem tűnik, vagy véget nem ér.

9. oldal utolsó sor ...**fel-** és lefelé...

10. oldal 15. sor ...**a jármű**

10. oldal alulról 15-18. sor .. gyorsulás **szinuszhullámon** vett, csúcstól csúcsig tartó amplitúdójával (peak to peak amplitúdó), illetőleg az RMS érték (root mean square, **négyzetes közép**) megadásával. Az RMS érték **gyakorlatilag** a mozgás **effektív tényleges** energiataralmát **hivatott kifejezni fejezi ki**, a görbe alatti terület nagyságának megadásával.

11. oldal 1-4. sorA fenti **áttekintésben (???) egy**-egyszerű kifejezést **került felírásra írtam fel** a csomagolt terméken válaszként tapasztalható, kimenő mozgásra. Amennyiben f_f **gerjesztő vagy** bemenő

frekvencia, és f_n a lineáris lengőrendszer saját frekvenciája, az erősítési tényező (M) a következőképpen értelmezendő

12. oldal közepétől 1.3.1. A **Fourier-elemzés KÉSŐBB IS, VALAMINT Fourier-sorok**

12. oldal alulról 9. sor A korábbiakban bemutatottak szerint a csúcsgyorsulások ~~at-bemutatását~~ az amplitúdó, vagy RMS amplitúdó nagyságával jellemeztük. Ugyanakkor van egy módszer, amely ~~nél~~ a lezajló rázkódási eseményt frekvenciatartománya alapján ~~lehet tudjuk~~ elemezni.

13. oldal alulról 12-15. sor Az a_n és a_n ~~képviselik~~ azon szinuszos és koszinuszos hullámok amplitúdóját képviseli, amelyből képezhető az eredeti $x(t)$ jelforma. Ugyanakkor az elemzésnek előfeltétele annak ismerete, hogy milyen frekvenciahatárok között várható ~~k~~ a valós eseményekben a jelentős (kritikus) teljesítménnyel rendelkező csúcsgyorsulás jelek.

14. oldal közepén mennyiségben fordul ~~nak~~ elő

14. oldal alulról 4. sor Ezt magyarul ~~gyajran-gyakran teljesítménysűrűségnek szokás~~ nevezik.

~~áb~~ ~~ra~~ ~~ák~~ ~~egy~~ kisteherautóban, illetve ~~egy~~ tipikus félpótkocsi rakodószelekrényének a

platóján felvett függőleges irányú rázkódások PD szintjeit mutatja be. **(MAGYARUL EGYESSZÁM!!!)**

16. oldal 7. sor lehetőséget ad,

16. oldal alulról 162-14. sor Így, például, egy **10mV/g** érzékenységű gyorsulásmérő, ha 6 mV csúcsmplitúdójú rezgést érzékel, a gyorsulás a következők szerint kalkulálható: $6 \text{ mV} / (10 \text{ mV/g}) = 0,6 \text{ g}$

16. oldal alulról 8. sor lehetővé teszik

16. oldal alulról 2-4. sor . Ez úgy történik, hogy ~~egy~~ előre meghatározott időközönként aktiválódik a műszer, és rögzíti az éppen felmerülő eseményt, vagy egy előre beállított küszöbérték felett aktiválódik csak. **Szállításkor** ezek a **kisméretű** műszerek ~~általában méretüknél fogva~~ könnyebben elhelyezhetők. **a szállítás során.**

17. oldal alulról 14-15. sor • Mintavételi frekvenciája maximum 5000 minta/s ~~másodperc~~

• Anti-alias szűrés, alul áteresztővel, 10 és 500 Hz között

19. oldal 19. sor **fontos lesz** ismernünk kell

19. oldal 20-22. sor Ahogy azt majd az 1.4. alfejezet részletesen kifejti, a rázóberendezések jelgenerátorai normális (Gauss) eloszlás ~~(Gauss)~~ alapján képezik a jelsorozatot. A normális eloszlásnak ~~kettő két~~

19. oldal alulról 15. sor A kutatásom a 2. ~~-ik~~ pont alá csoportosuló szabványos vizsgálatai köré koncentrálódik. A leggyakrabban széles körben alkalmazott, ilyen szabványos vizsgálatok a

20-21. oldal átmenetemajd annak **Fourier-elemzését** követően, az elvárt **PSD-görbéhez** igazítják az új, lejátszani kívánt jelet, amelyből viszont inverz **Fourier-módszerrel** útamplitúdót képeznek, és a hidraulikus aktuátor alatt elhelyezett elmozdulásra vezérelt útheadon keresztül, informálják a **szervoszelepeket**, a soron következő, véletlenszerűen generált jel létrehozásához.

21. oldal 5-8. sor A **csomagolások tesztelésére** a PSD-görbéken alapuló, véletlenszerű rezgésvizsgálat a legerjedt szimulációs módszer ~~a-csomagolások tesztelésére~~. Ugyanakkor számos kutató ~~azonban~~ megkérdőjelezi az ezzel a módszerrel előidézett rezgés normális (Gauss) eloszlású ~~(Gauss)~~ jellegének érvényességét.

21. oldal 14. sortól Az 1.11. ábrán ~~egy~~ olyan véletlenszerű jelsorozatot mutatok be, amelyet ~~egy ve~~ **zérő** egy szabványos vizsgálat által elérni kívánt **PSD-görbéjéhez** generál ~~egy ve~~ **zérő**. Ugyanakkor, ahogy azt már az 1.3. és 1.6. ábrá ~~kon~~ is láthattuk, a valóságban tapasztalható tényleges gerjesztés más képet mutat. Ez azért probléma, mert a közúti jármű rezgése közismerten nem Gauss-féle eloszlást, ~~hanem követ,~~ **pontosabban** leptokurtikus (magas kurtózis értékű) eloszlást ~~mutat~~. Mivel a **PSD-görbéknek** nincsenek időinformációik, ezért csak az átlagos teljesítmény-sűrűséget adják meg a frekvencia

függvényében, majd vezérelnek ezáltal. Ezt úgy oldják meg, hogy a véletlenszerű jel létrehozásához a PSD-t véletlenszerű fázissal rendelkező amplitúdó-spektrummal alakítják át. Ezt a spektrumot azután inverz **Fourier-transzformációval** átalakítják.....

1. 11. ábra címe Felső ábrarész: **egy** laboratóriumban **Gauss-alapon** generált, véletlenszerű jelsorozat szabványos vizsgálati céllal; ~~b)~~ alsó ábrarész: közúti járművön mért jelsorozat

22. oldal 9. sortól Ahogy ~~azt~~ az Pidl 2019-es értekezésében is **megtalálhatjuk megtalálható, egy** csúcsos, normál eloszlású járműrezgés tekinthető Gauss-eloszlások összegeként is. Ez viszont nem ad **azonban** információt arról, hogy egy jelszekvenciának milyen a hossza és a jelsorozaton belüli miként helyezkedik el.

22. oldal közepe Az **az** elképzelést, hogy a jármű rakfelületén ébredő, nem Gauss-eloszlású rázkódási jelet több Gauss-eloszlásra bontjuk, az 1.12. ábrán látható.

22. oldal alulról 7-10. sorutazhatnak, mire a célhelyre érkeznek. Ennek laboratóriumi szimulációját jelentősen megnehezíti az a tény, hogy erre az iparban sem tesztidő, sem költségráfordítás **észszerű** keretek között nem allokálható.

32. oldal 8-12. sor A 2.5. és a 2.6. ~~ábrák által~~ bemutatott eredmények visszaigazolták azt a korábban már igazolt jelenséget, hogy a keresztirányban ébredő rázkódások intenzitása magasabb a hosszirányban mérhetőnél. Mindkét esetben a más földrajzi régiók kapcsán korábban publikáltakhoz képest, alacsonyabbak voltak a kalkulált **PD-szintek**.

32. oldal 15-19. sor Korábbi, közúti járművekre vonatkozó tanulmányok **szertint, már bemutatottak eredményeket arra vonatkozólag, hogy** a járművek által átadott rezgések nem követik a Gauss-eloszlást ...**természetűek, ugyanakkor ezek a tanulmányok közúti járművek megfigyelése során kerültek igazolásra...**

34. oldal közepeáltalánosan elterjedt.....megfelelősségének...**20. Világkonferencián**.....

37. oldal alulról 3. sormellett végeztem számos mérést.....

39. oldal közepén 3.2. **táblázat** Az átlagos PSD meghatározásához a mérés során alkalmazott **körül-mények-kiinduló adatok**

43. oldal 12. sor A 3.6. ábra a felvett események csúcsgyorsulás értékeihez tartozó statisztikai eloszlásokat, **valamint** azok kurtózis és ferdeségi mutatóit (3.2. táblázat) is tartalmazza.)

45. oldal 10. sor rázkódási eseményeket 1 és 200 Hz között.

45. oldal alulról 8. sorautópálya **adatai**....

45. oldal alulról 2-3. sor**nehéz-tehergépjárművek** vonatkozásában, hogy a függőleges irányú gyorsulások a sebességgel, illetve a pályaminőség romlásával növekednek...

46. oldal 5. sorszállításkor egyszerre...

47. oldal 3.6 táblázat **A JELMAGYARÁZAT EGYÁLTALÁN NINCS SZINKRONBAN AZ ÁBRA RÖVIDÍTÉSEI-VEL.**

47. oldal alulról 7-10. sor E **kutatáshoz kapcsolódóan, na** is meg kell említeni, hogy hasonlóan a nehéz-tehergépjárműveknél, vagy a korábbi fejezetben bemutatott, vasúti kocsiknál, számos tényező befolyásolhatja még az aktuálisan mért **PD-szinteket**, így, többek között, a felfüggesztés típusa, a kerekek mérete és a gumiköpeny merevsége vagy a terhelő tömeg.

47. oldal utolsó sor ...**eredményei**...

48. oldal 2-9. sor Ebben az alfejezetben vizsgálom meg, és elemzem a különböző terhelés és felfüggesztési megoldással rendelkező **kis-tehergépjárművekben** megfigyelt rázkódásokat. A 3.11. ábra mutatja be az itt mért csúcsgyorsulásokat, RMS gyorsulás értékeket és a kalkulált crest-tényezőket. A

crest-tényező gyors és hasznos módszer a jelfeldolgozásban (Cron et al., 2004), amely ~~megfelel~~ egy adott csúcsgyorsulás maximális abszolút értéke és RMS értéke közötti aránynak ~~felel meg~~. A legalacsonyabb rázkódási szinteket a 80%-os terheléssel közlekedő és ~~két ettő~~ laprugóval szerelt ~~kis-teherautónál~~ mért, míg a legmagasabbat az egy laprugós és 20%-os terhelésű járműben ~~találtam~~.

48. oldal 3.11 táblázat címe 3.11. ábra. Az egy, illetve ~~két ettő~~ laprugóval szerelt ~~kis-tehergépjárműveken~~ mért a) csúcsgyorsulás értékek, b) RMS gyorsulás értékek és c) crest tényező (Böröcz, 2017).

48-49. oldal Az RMS gyorsulásokból és a csúcsgyorsulások adataiból képzett eloszlásfüggvényeket a 3.12. ábrán mutatom be (~~Weibull-eloszlásfüggvény~~ modellbe illesztve), illetve a 3.8. és a 3.9. táblázat tartalmazza ~~az egyes értékek előfordulási nagyságrendjére vonatkozó~~, numerikus adatokat ~~az egyes értékek előfordulási nagyságrendjére vonatkozóan~~.

50. oldal 2. sor alacsony 1,5 és 2,5Hz között

50. oldal 16. sor ...Egyesült....

51. oldal 3. tétel ~~Mérésekkel...~~

53. oldal alulról 13. sora ~~rázkódásokat~~ is.....

55. oldal 16. sorés mérnök ~~számára~~....

55. oldal alulról 2. sorA 4.1 – 4.3. táblázatok.....

57. oldal 2-4. sor~~Európában a közúti szállítás csak addig lett igénybe véve, amíg a konténerek fuvarozásra kerültek a az indító konténerterminálig.....~~ Európában a konténereket, közúton csak az indító konténerterminálig fuvarozták. A konténerek töltött tömege 19 820 és 22 695 kg között volt.

57. oldal 7-11. sor ...A mérési beállításokat a 4.4 ~~-es~~ táblázat tartalmazza. A műszereket közvetlenül a konténer rakodófelületére ~~helyeztük el, lettek elhelyezve~~....

58. oldal 1. sorkorábbiakban...

60. oldal 17. sora legmagasabbakat pedig Kínában figyeltem meg (0,221-~~es~~ értékű, teljes G_{rms} -sel).

60. oldal alulról 11. sor vasúti ~~szállításra vonatkozó~~ javaslatokat....

64. oldal 5. tétel második fele A vizsgált földrajzi régiók ~~közül vonatkozásában~~ Indiában és Mexikóban a 1 és 6 Hz, Kínában pedig 10 és 18 Hz közötti ~~magasabb~~ rezgésintenzitás jelent. Vasúti szakaszokon a véletlenszerű rázkódási események legintenzívebb frekvenciasávjai Európában 3 Hz körül, Oroszországban és Kínában (transzszibériai és transzmandzsúriai vasútszakaszokon) pedig 5 és 6 Hz között várható ~~rázkódási események legintenzívebb a véletlenszerű frekvenciasávjai~~. Utóbbi a teljes szállítás során kalkulálható kompozit PSD-görbe alakját és csúcsait dominálja, a megtett távolság (szállítási időtartam) függvényében.

64. oldal 6. tétel 6. tétel. Megállapítottam, hogy a multimodális szállítások során alkalmazott konténerek átrakodásánál milyen mértékű, irányú és nagyságrendű csúcsgyorsulások várhatóak. ~~milyen irányban és milyen nagyságrendben~~. A legmagasabb értékek függőleges irányúak ~~irányban történnek~~, 99%-os előfordulással, 4,45 g csúcsértékkel, ~~valamint és~~ 8 és 12 ms közötti jellefutási időtartammal.

65. oldal 16. sor Ilyen esemény, például, a ~~tartós~~ a járművek ~~tartós~~ gyorsítása vagy lassítása, ~~ami amelyek főként~~ a rakomány stabilitásvesztésének egyik ~~fő~~ okozója,....

65. oldal alulról 10-13. sor Juwet et al. ~~és munkatársai (2018)-ban közzétettek egy tanulmányában~~ ~~ukat, amelyben egy~~ rakodólapon vizsgálták a horizontális dinamikus hatásokat rövid időtartamú (0,3 s) és kis gyorsulású (0,5 g és 0,8 g) események ~~során kel, hogy értékeljék~~ a vizsgált egységtrakományok reakcióját ~~értékelhessék~~.

65. oldal alulról 2-4. sor ~~Meg kell jegyezni, hogy a~~ A rakományok laboratóriumi stabilitásvizsgálatához három vizsgálati protokoll is ~~javasolja, és javaslatlaltal, amelyek hogy a~~ kiindulási pontja ~~egyébként~~ a már említett vészhelyzeti manőverek eredményeként bekövetkező árusérülések ~~legyen~~.

66. oldal 3-7. sor1 g-es célgyorsulást, 100 ms-os felgyorsítási idővel és 300 ms-os tartási idővel ~~meg~~.

66. oldal alulról 6-7. sorez látható az 5.1-es ábrán. Az 5.1-~~egy~~ táblázat pedig ~~tartalmazza~~ a járművek részletes műszaki specifikációit ~~szemlélteti~~.

66. oldal utolsó 2 sor A mérések földrajzi lokációja Győr-Moson-Sopron, Veszprém és Komárom-Esztergom ~~megyében mértünk. megyék voltak~~.

67. oldal 1-3. sor5,2 és 6,1 óra közötti aktív futási időt jelentett. A mérések során, a járművek terhelése ~~folyamatosan 80 és 1100 kg között folyamatosan változott~~~~változó volt 80 – 1100 kg között~~, illetőleg sebessége az 1 – 130 km/h közötti tartományban volt.

67. oldal 5-10. sor A korábbiakban bemutatott műszerhez képest, a tartós gyorsulási jelenséget ~~egy~~ arra alkalmas (DC táplálású), alacsony frekvenciatartományban, tartós jel adatrögzítésre képes, MEMS gyorsulásszenzorral szerelt Lansmont SAVER™ 3D15 műszerrel végeztem. A műszert mereven ~~került felszereltem fel ésre~~ a jármű rakodóterében (5.1. ábra), és menetirány szerinti gyorsulás események rögzítésére ~~állítottam be. került beállításra~~. A műszer ~~beállítási paramétereia~~ a következők voltak:

67-68. oldal Utolsó lépésként ~~meghatároztam meghatározásra került~~ azt az időtartamot és értéket, amely az esemény felfutási ideje volt ~~a~~ addig a gyorsulási pontig, ameddig az állandó gyorsulási fázis kezdő pillanata tartott, hogy ~~elemezhető legyen~~ az esemény gyorsulásának változása (rándulás) ~~elemezhető legyen~~.

68. oldal 5.2.5 pont A rándulás vektormennyiség, és ~~az alábbiak a következők~~ szerint határozható meg. Jelen mérési körülmények során ez azt jelentette, hogy ha ~~a~~ vektor pozitív volt, akkor az a szállító jármű sebességének növekedését jelentette, míg a negatív érték a jármű fékezését (lassulását).

68. oldal alulról 15-17. sor Így a vizsgálat során az átlagos rándulási idő a SAVER adatrögzítő által mért események átlagos gyorsulási (vagy fékezési) eseményeinek ~~statisztikai átlagolásával számítottam ki. átlaga alapján került kiszámításra~~. Továbbá, ahogy azt már ~~említettem ésre került~~, a gyorsítások és lassítások gyorsulásértékeinek és rándulási időtartamainak a 80-ik és 20-ik percentilishez tartozó értékeit is ~~felhasználtam. felhasználásra került~~.

68. oldal alulról 4-5. sor A 5.2. és 5.3. ~~ábra ák~~ a terepen gyűjtött nyers adatok egy-egy reprezentatív ~~eseményét eseményeit~~ mutatja.

69. oldal 5.2. táblázat Fejlécén Tartós gyorsulás ~~időtartama~~ (s)

70. oldal 5.4. ábra. (a) A manőverek gyorsulás változásának ~~időtartamára időtartamaihoz~~, (b) a tartós gyorsulás ~~időtartamára időtartamaihoz~~, (c) a tartós gyorsulás ~~átlagára vonatkozó átlagaihoz mért~~ értékek eloszlásfüggvényei

70. oldal 7-14. sor Természetesen, ez feltehetően a jelen vizsgálat során alkalmazott könnyebb járműveknek köszönhető, amelyek viszonylag rövid időn és távolságon keresztül teszik lehetővé a kívánt sebesség elérését vagy ~~a~~ megállást. Itt azonban meg kell jegyezni, hogy a szállító ~~szállító~~ kisteherautó kompaktsága több időt biztosít a vezetőnek olyan lassítási vagy gyorsítási manőverek elvégzésére, amelyek nagyobb szállító járművekkel nem érhetők el. A vizsgálat átlagos tartási ideje a tesztprotokollhoz képest több mint négyszer hosszabb (0,3 s), mint az EUMOS és ISO tesztprotokollokban (0,3 s).

71. oldal 21-23. sor Ennek oka, hogy az alkalmazott, könnyebb szállító jármű ~~nek~~ rövidebb időtartamon és távolságon belül képes elérni a kívánt menetsebességet, ~~vagy akár teljes megállást~~.

71. oldal alulról 4-5. sor Az átlagos tartós gyorsulás időtartama a ~~tesztprotokollhoz~~ tesztprotokollokban (EUMOS és ISO) ~~tesztprotokollokban levő~~ 0,3 s-hoz képest több mint négyszer hosszabb volt.

72. oldal alulról 7. sor A rándulási vektor értéke a ~~fékezési fékezi~~ manőver....

73. oldal 1-6. sor A terepi események rögzítése során, a módszertan 0,15 g-os küszöbértékkel, jel alapú trigger módszert használt. Bár előfordulhat, hogy ezen küszöbérték alatt sérülés vagy árukár keletkezik, az áru- vagy egység rakomány **stabilitásvesztése** miatt, de amennyiben jelentős számú **ilyen** rögzített ~~ilyen~~ esemény bekerült volna az elemzésbe, úgy az jelentősen befolyásolta volna a statisztikai hitelességét a ténylegesen stabilitásvesztést (majd kárt) okozó események feltérképezésének...

73. oldal utolsó 5 sor Kistehergépjárműves szállítás **esetében**, a rándulás átlagos időtartama gyorsításnál 1,29 s, ~~a~~ fékezésnél pedig 0,83 s, 3,01 m/s³, illetve 2,17 m/s³ átlagos rándulási **érték nagyságrend** mellett. A tartós gyorsítási szakasz átlagos ideje 1,27 s fékezési és 1,39 s gyorsítási manőver **esetében** (0,25 g és 0,28 g átlagos csúcsgyorsulás mellett).

75. oldal 8. sormegfigyelhetővé váltak a csomagküldési módszerekben (Németh **et al.**, ~~Zs. Et al.~~, 2021).

75. oldal 13. sor 6.2a és 6.2b **ábra ábrák**

75. oldal 6.1 ábra címe 6.1. ábra. **Az autóiparban** használatos, összehajtható, többutas, speciális szállítóállvány

76. oldal 1-6. sor . Wang 2016-ban a halmozott hullámpapír dobozból készült, három szintes rakomány viselkedését vizsgálta **laboratóriumban**, különféle leszorító erők mellett, szinuszos és véletlenszerű rezgésszimuláció mentén **laboratóriumban**. Fang és társai 2018-ban pedig hasonló rakományok között kapcsolódó **felületek** érintkezési erő maximumainak statisztikai jellemzőit vizsgálta. Csomagküldés **esetében**, egyáltalán nem ~~található találtam~~ korábbi kutatást, vagy közleményt a témakörben.

76. oldal 20-22. sor négy útminőséget (**úttípust**) alkalmaztam: autópálya, **I. rendű főút, II. rendű főút és mellékút. elsődleges, másodlagos és harmadlagos utakat**. A **három választott** menetsebesség: 40 km/h, 60 km/h és 80 km/h.

76. oldal alulról 1-8. sor A GPS-adatok alapján, a beállított menetsebesség pontossága 2–3 %-os tolerancia határon belül volt. Minden egyes szakaszon ~~során~~ 30 percnyi **adatgyűjtési** mérést végeztem el **az adatok begyűjtéséhez**. A felmérés során, külön végeztem mérést **az útpályák** olyan jellegű speciális pályaegyenletlenségen, mint a **közút**-vasúti szintbeli kereszteződésen, illetve útpályán elhelyezett geometriai sebességcsökkentő elemen (fekvő rendőrön). Ehhez a következő áthaladási sebességeket alkalmaztam: vasúti átkelőhelynél 25 km/h és 50 km/h, illetőleg a fekvőrendőr **esetében**, 5 km/h, 10 km/h és 15 km/h menetsebességet. Az 6.3. és ~~a~~ 6.4. ábra ezeket a mérési helyeket mutatja be. Az 6.1-es táblázat pedig a felmérés adatait tartalmazza.

76. oldal 6.1 táblázat fejléc ~~Útpálya-Menetsebesség Lokáció-Úttípus~~ **Mérési sebesség (km/h) Mérési hely**

76. oldal 6.1 táblázatból ~~Elsődleges-Másodlagos-Harmadlagos~~ helyett **I. rendű főút II. rendű főút Mellékút**

77. oldal alulról 7. sor ismert**etett**....

77. oldal 3-6. sor Egyik műszer a rakodófelületen került elhelyezésre, a járműszekrényben, a hátsó hármastengely felett, a másik pedig közvetlenül a halmozott rakományhoz tartozó állvány alsó síkjában futó keresztmerezítő szálnál **hoz**. Ez látható az 5.5. ábrán.

79. oldal alulról 13-15. sor
1. Nincsen szabad elmozdulásra hely (SZE 0%-**a**);
 2. $\pm 5\%$ -**nyi** SZE a mintacsomag **kereszt-és** hosszirányában (**18 mm**);
 3. $\pm 10\%$ -**nyi** SZE a mintacsomag **kereszt- és** hosszirányában (**36 mm**).

81. oldal 13. sormellett.....

83. oldal 6.11. ábra címe Függőleges irányú PD-szintek, különböző (a) 40 km/h, b) 60 km/h és c) 80 km/h) menetsebességek és pályaviszonyok mellett a) 40 km/h, b) 60 km/h és c) 80 km/h (Böröcz, 2020) HASONLÓ JAVÍTÁS A 6.12. ÉS A 6.13. ÁBRA CÍMÉNÉL IS.

84. oldal közepén Az 1- 200 Hz-es frekvenciatartományban a teljes G_{rms} értékeket a az 6.4. táblázat tartalmazza, és grafikusán, a jobb összehasonlíthatóságért az 6.14. ábra is ábrázolja. Ahogy azt az adatok mutatják, hogy a függőleges irányú rázkódások teljes G_{rms} értéke 1.02-1,34-ször magasabb volt a felső állványon, mint a padlón.

84. oldal 6.14 ábrán és előtte is számos helyen Hamadrendű úttípus helyett Mellékút.

84. oldal alulról 4-5. sor A vasúti kereszteződésben és a fekvőrendőron való áthaladáskor felvett jelek PSD-görbéit a az 6.15. és a 6.16. ábra mutatja ák be.

85. oldal 6.4. táblázat Fejléc Úttípus (Útpálya helyett) Táblázatban: I. rendű főút II. rendű főút Mellékút (Elsőrendű-Másodrendű-Harmadrendű helyett)

88. oldal 10-14. sor A rögzített rázkódási események PSD-görbéit az a 6.19. ábra mutatja be. Minden mérőműszer pozícióban az állapítható meg, hogy a függőleges irányú rázkódások voltak a legintenzívebbek, amelyet a keresztirányú, majd a hosszirányú események követtek. Függőleges irányban a halmazban 8 és 50 Hz között jelentősen nagyobb erősebb értékek voltak tapasztalhatók.

89. oldal 6.20. ábra és a 90. oldalon a 6.21. ábra címemegfigyelt.....

89. oldal alulról 3. sor SZE-vel felvett... (AZ AKRONIMMAL KELL EGYEZTETNI, NEM A TELJES NÉVVEL!)

90. oldal a 3. sortól Azonban meg kell jegyezni, hogy a kurtózis értéke – ahogy egyre magasabb halmaz szintet vizsgálunk – tendenciózan közelített a nulla felé (azaz a Gauss-eloszlás+normális eloszlás kurtózisa felé), amiely azt jelenti, hogy a felsőbb sorokban lévő csomagok véletlenszerű rázkódása majdnem követi jól jellemezhető a normális eloszlást. A hossz-irányban és keresztirányban.....

90. oldal alulról 4. sor 6.4.1. A kutatási eredményeinek a korlátai

90-91. oldal Látható, hogy a halmazolt rakományok esetében jelentős a kereszt- és a hosszirányú rázkódások nagyságrendje. Ugyanakkor, ahogy azt már első 1. fejezetben bemutattam,

91. oldal 14. sor A legdinamikusabban növekvő szállítási ágazatban (kicsomagos futárszolgálat) és az járműgyártási iparban végeztem olyan kutatásokat, amelyek a halmazolt rakományok szállítási közbeni viselkedését, és annak lehetséges laboratóriumi reprodukcióját vizsgálta.

91. oldal közepén . Kutatásaim nem csak a függőleges irányú rezgésekre irányultak, hanem a menetiránnyal megegyező azonosan és arra keresztirányúakra is kiterjedtek. A kutatásaim eredményei új információkat nyújthatnak azon vállalatoknak.....

91. oldal a Tézisek előtt Jelen kutatás eredményei (Böröcz, 2020) a Journal of Testing and Evaluation, az Applied Sciences (Böröcz és Molnár, 2020) (Böröcz és Molnár, 2021), illetve 2020-ban az FME Transactions folyóiratokban (Molnár és Böröcz, 2020) jelentek meg.

91. oldal 8. tézis 8. tézis. Vizsgálataimmal meghatároztam, hogy az autóiparban a halmazolt rakományok szállításhoz alkalmazott, speciális szállítóállványok szállítás közbeni függőleges rázkódása során, a halmazban a felső állvány rázkódási intenzitása mennyiben tér el a rakodófelületen, illetőleg az alsó sorban elhelyezett árun tapasztalható rázkódástól, az 1-200 Hz-es frekvenciatartományban.

1. Függőleges irányban a 90 Hz alatti rezgésszintek (PD) az egymásra helyezett állványon hasonlóak voltak a padlószinten mért értékekhez; e fölött azonban a rezgésintenzitás jelentősen felerősödik, egészen 200 Hz-ig. Ez a tendenciózus erősödés a magasabb menetsebességgel és a kedvezőtlenebb útviszonyokkal is növekedik.

2. Megállapítottam, hogy kereszt- és hosszirányban is a szállítóállványok szállítás közben felmerülő rázkódásainak intenzitása az 1-200 Hz-es teljes frekvenciatartományban szignifikáns mértékben felerősödik a halmaz felső sorábanra nézve. Ez 80 km/h menetsebesség esetében, a menetirány szerint főként a 4 –5 Hz-es tartományban, 15 Hz és 90 Hz körül, illetőleg keresztirányban 15 és 110 Hz körül jelentős; és ezek az értékek nem elhanyagolhatók a függőleges rezgésintenzitásokhoz képest.

9. tézis. Meghatároztam, hogy a futárszolgálatok kis-tehergépjárműves áruszállításakor a halmazolt kicsomagok esetében, az áru szabad elmozdulásakor-esetén milyen csúcsgyorsulású és az 1-200 Hz-es frekvenciatartományban, milyen intenzitású véletlenszerű rezgésintenzitásokat kell a csomagoknak elszenvedniük az egyes térirányokban, halmazolt soronként.

1. A megfigyelt események csúcsgyorsulásai esetében, a legmagasabb értékek a haladási irányra nézve, keresztirányban mérhetők történnék, a halmazban felfelé növekedő tendenciát mutatva (4,16 g, 4,93 g, and és 5,94 g). Függőleges irányban a legmagasabb csúcsgyorsulás értéke 3,99 g volt. A csúcsgyorsulások abszolút értékei növekednek a csomagok szabad elmozdulásának növekedésével nagyobbak lesznek.

2. Megállapítottam, hogy a véletlenszerű rezgésintenzitások a halmazolt kicsomagok minden pozíciójában a függőleges irányban a legmagasabbak, amelyeket a keresztirányú és a hosszirányú rázkódások intenzitása követnek. A legintenzívebb véletlenszerű rázkódás frekvenciatartománya 8 és 50 Hz között van, továbbá intenzitása a halmazolt rakományban felfelé növekszik.

3. Megállapítottam, hogy a rögzített jelek valószínűség-eloszlás sűrűségfüggvényének kurtózis értéke tendenciózusan közelített a nulla felé (azaz a Gauss-i normális eloszlás kurtózisa felé), ahogy egyre magasabb halmaz szintet vizsgálunk; ez amely azt jelenti, hogy a felsőbb sorokban lévő csomagok véletlenszerű rázkódása közelítőleg jól jellemezhető a normális eloszlást követisa.

95. oldal Irodalom Charles D. Derivation of environment descriptions and test severities from measured road transportation data.

5. A publikációs eredmények

Az értekezés végén 25 olyan saját kiadványt sorol fel, amely a doktori mű tárgyával közvetlenül kapcsolatba hozható, ezek közül 2 magyar nyelvű és 6-nak egyedüli szerzője. A jelölt összes publikációjának száma azonban 111, amelyből 22 db Impakt faktoros folyóiratban jelent meg, 4 pedig egyszemélyes Impakt faktoros. 23,8-as relatív impakt faktora, 9-es Hirsch indexe és a publikációira adott 448 független hivatkozás egyaránt dicséretes, bár nem kiemelkedő tudományos teljesítmény.

6. Az alkalmazott kutatási módszerek

A 16 oldalas 1. fejezet a vizsgált tárgykör elméleti hátterét és gyakorlati vonatkozásait tárgyalja. Ez a megoldás helyes a későbbiek megértéséhez, illetve követhetőségéhez.

Az értekezés érdemi (2-6.) fejezeteiben foglaltak meggyőzően bizonyítják, hogy a Jelölt a hazai és a nemzetközi szakirodalomról átfogó és részletes ismeretekkel rendelkezik. Elemző képességét, alapos módszertani felkészültségét, a laboratóriumi modellezésben való jártasságát és a nyert eredményekből gyakorlati tapasztalatok levonására való képességét egyértelműen igazolta. Fejezetenként rámutat a kutatás korlátjaira és az új tudományos eredmények gyakorlati bevezetésének lehetőségeire is. A fejezeteket – az azokban leírtak tudományos összegzéseként – 1 vagy 2 tézis zárja. Összességében, a Jelölt által követett – és a disszertációban megjelenített – kutatási módszereit megfelelőnek ítélem.

7. Az új tudományos eredmények, illetve a tézisek értékelése

A következőkben a téziseket – mint a Jelölt által elért tudományos eredmények „sűrűségét” – értékelem. Általánosságban úgy ítélem, hogy a tézisek a szükséges mértékig tömören megfogalmazottak. Legfeljebb az azok részletezésére szolgáló, bekezdések számozásának nem látom értelmét.

Az 1. tézis lényege

Megállapította, hogy Közép-Európában a zárt szekrényes vasúti rakodófelületen elhelyezett áruk mely frekvenciasávokban és milyen intenzitású véletlenszerű rezgéseket szenvednek el. Ehhez megadta a

függőleges irányú véletlenszerű rázkódások várható legmagasabb intenzitásait és annak frekvenciatartományait, illetve a véletlenszerű rezgések PSD burkológörbéjét. Megalkotta a véletlenszerű rázóvizsgálatokhoz alkalmazandó PSD teszt spektrumot.

Ezt a tézist a Jelölt önálló, tudományos eredményeként elfogadom.

A 2. tézis lényege

Megállapította, hogy a közép-európai vasúti szállítási rendszer véletlenszerű rezgéseinek a laboratóriumi szimulációjához alkalmazott PSD görbék alakja a népszerű ISTA teszt spektrumra hasonlít, de annak csak 66%-os intenzitása mérhető, az 1-100 Hz-es vizsgálati tartományban. A véletlenszerű rázkódási események nem normális eloszlása jelentősen befolyásolja a rakomány és a csomagolt rendszer rezgéseinek intenzitását és annak időtartamát. A laboratóriumi rázóberendezés mozgását indukáló, véletlenszerű jelgenerátor valószínűség-eloszlás sűrűségfüggvény kurtózis értékét függőleges irányú rázóvizsgálatnál 9 körül javasolja meghatározni.

Ezt a tézist a Jelölt önálló, tudományos eredményeként elfogadom.

A 3. tézis lényege

Megállapította, hogy a futárszolgálatok kis-tehergépjárműveinek rakodófelületen elhelyezett csomagok az 1-200 Hz-es tartományban mely frekvenciasávokban és milyen intenzitású véletlenszerű rezgéseket szenvednek el. Táblázatosan meghatározta a véletlenszerű jelekből generált rázóvizsgálatokhoz alkalmazandó PSD-teszt spektrumot. Kimutatta, hogy a PSD-görbe kritikus frekvenciatartományai a szakirodalomban közöltektől eltérnek.

Ezt a tézist a Jelölt önálló, tudományos eredményeként elfogadom.

A 4. tézis lényege

Igazolta, hogy a futárszolgálatok kistehergépjárműveiben szállított csomagok érvényes szabványokat követő, laboratóriumi rezgésszimulációs vizsgálatainál, az „alulcsomagolás” jelensége várható, mert a 5-18 Hz-es tartományban a valóságban a vizsgálati protokollban leírtaknál jóval magasabb rezgésintenzitások várhatók. Így elkerülhető az „alulcsomagolásból” származó esetleges árukár. Igazolta, hogy a kistehergépjárműves szállítás során fellépő, függőleges irányú rázkódási események valószínűség-eloszlás sűrűségfüggvényei nem normális eloszlást követnek; kurtózis értéke 0,74 és 1,84 között változik.

Ezt a tézist a Jelölt önálló, tudományos eredményeként elfogadom.

Az 5. tézis lényege

Megállapította, hogy a multimodális konténeres áruszállítási rendszerben, a nyerges szerelvényekkel történő és a vasúti szállítás rezgés gyorsulása különböző földrajzi régiókban, a 1-200 Hz-es frekvenciatartományban, milyen eltérésekkel várható. A rázkódási események legintenzívebb frekvenciasávjai a szállítás során kalkulálható kompozit PSD görbe alakját és csúcsait dominálják, a megtett távolság függvényében.

Ezt a tézist a Jelölt önálló, tudományos eredményeként elfogadom.

A 6. tézis lényege

Megállapította, hogy a multimodális szállítások során, a konténerek átrakodásánál milyen mértékű és irányú csúcs gyorsulások várhatóak. A legmagasabb értékeket függőleges irányban regisztrálták, 99%-os előfordulással, 4,45 g csúcsertéssel és 8 és 12 ms (milliszekundum) közötti jellefutási időtartammal.

Ezt a tézist a Jelölt önálló, tudományos eredményeként elfogadom.

A 7. tézis lényege

Olyan laboratóriumi vizsgálati körülményeket határozott meg, amely kistehergépjárművek áru- és rakományszállítása során megfigyelhető, fékezési és gyorsítási eseményekből származó, rakománystabilitási jelenségek eddigieknél pontosabb laboratóriumi szimulációját teszi lehetővé. Megállapította, hogy a jelenlegi tesztprotokollok, a terepi körülmények során tapasztaltakhoz képest, túlzó előírásokat (rándulási erővektort) javasolnak. Kimutatta, hogy a kistehergépjárműves szállításnál a rándulás átlagos időtartama gyorsításnál 1,29 s, fékezésnél pedig 0,83 s, 3,01 m/s³, illetve 2,17 m/s³ átlagos rándulási érték mellett.

Ezt a tézist a Jelölt önálló, tudományos eredményeként elfogadom.

A 8. tézis lényege

Meghatározta, hogy az autóiparban a halmazolt rakományok gépkocsin történő szállításához alkalmazott speciális szállítóállványoknak a szállítás közbeni függőleges rázkódása során, a halmazban a felső állvány rázkódási intenzitása mennyiben tér el a rakodófelületen, illetőleg az alsó sorban elhelyezett áru rázkódásától. Függőleges irányban a 90 Hz alatti rezgésszintek (PD) az egymásra helyezett állványon hasonlóak voltak a padlóéhoz; e fölött azonban a rezgésintenzitás felerősödik, egészen 200 Hz-ig. Kereszt- és hosszirányban is a szállítóállványok rázkódási intenzitása a halmaz felső sorában felerősödik. Ez 80 km/h-s sebességnél menetirányban főleg a 4 -5 Hz-es tartományban, 15 Hz és 90 Hz körül, illetőleg keresztirányban 15 és 110 Hz körül jelentős.

Ezt a tézist a Jelölt önálló, tudományos eredményeként elfogadom.

A 9. tézis lényege

Meghatározta, hogy a futárszolgálatok kistehergépjárműves áruszállításakor a halmazolt kicsomagok szabad elmozdulásukkor milyen csúcsgyorsulásúak és az 1-200 Hz-es frekvenciatartományban, halmazolt soronként, az egyes térirányokban milyen intenzitású, véletlenszerű rezgésintenzitásokat szenvednek el. A legnagyobb keresztirányú csúcsgyorsulás a halmazban felfelé növekedő tendenciát mutat (4. Függőleges irányban a legnagyobb csúcsgyorsulás értéke 3,99 g volt. A csúcsgyorsulások abszolút értékei a csomagok szabad elmozdulásának növekedésével egyre nagyobbak lesznek. Megállapította, hogy a véletlenszerű rezgésintenzitás a halmazolt kicsomagok minden pozíciójában a függőleges irányban a legmagasabb, amelyet a keresztirányú és a hosszirányú rázkódások intenzitása követnek.

Ezt a tézist a Jelölt önálló, tudományos eredményeként elfogadom.

A 9 db tézis elfogadhatóságáról kialakított pozitív véleményem a Jelölt által követett kutatási módszertan kedvező megítélésén alapszik. A szakterület eddigi tudományos eredményeinek alapos megismerése után, megkereste a „kutatási rés”-eket, amelyekben nagyszámú laboratóriumi és/vagy terepi méréssel adathalmazokhoz jutott. Ez utóbbiak tudományos eszközökkel történő feldolgozásával jutott az újnak elfogadható tudományos eredményekhez. A bírálóban legfeljebb csupán az a hiányérzet merül fel, hogy akadémia doktori értekezés téziseitől – összehasonlítva egy PhD-tézissel – a jelenlegieknél komplexebb, kevésbé parciális tudományos újdonságok várhatók el.

A tézisekhez kapcsolódó kérdésem:

- *a Jelölt mennyire érzi reálisnak, hogy az általa elért, újszerű eredmények a jelenleg általánosan alkalmazott tárgyban szabályozások továbbfejlesztésében érdemleges hasznosításra kerüljenek?*

8. Összefoglaló megállapítások

Böröcz Péter János akadémiai doktori értekezése tudományos igényűen, nagy gyakorlati jelentőségű problémakörrel foglalkozik. Értékes, új kutatási eredményein alapuló téziseinek mindegyikét számos, nagy szakmai tekintélyű, külföldi folyóiratban is megjelentette.

9. Javaslat

Összefoglalva megismétlem, hogy a Jelöltnek mind a **kilenc tézisét** új tudományos eredményként **elfogadom**. Megítélésem szerint, az értekezés **hiteles eredményekről** számol be. Ezek alapján határozottan **javaslom a nyilvános vita** megtartását és – sikeres védelem esetében – a Jelölt számára **az MTA doktora cím megadását**.

Budapest, 2024. június 28.



dr. Gáspár László DSc
professzor emeritus, kutató professzor