

OPPONENSI VÉLEMÉNY

Keppler István
pályázó

**MEZŐGAZDASÁGI SZEMCSEHALMAZOK MECHANIKAI VISELKEDÉSÉNEK
MODELLEZÉSE**

az MTA doktora címre benyújtott pályázatáról

Előterjesztő

Keszthelyi - Szabó Gábor
az MTA doktora

Budapest, 2026. február hó

Pályázó tudományos munkássága

Pályázó tudományos tevékenységét, a tudományos közleményeinek magas száma (**PhD védelése óta 52**) és az azokra kapott 239 független **hivatkozás**, valamint **összesített 24,942-es impakt faktor** igazolja.

Társszerzőkkel közösen jegyzett szakcikkeiben szerzőtársai kijelentik, hogy az azokban közölt eredmények elérésében pályázónak meghatározó szerepe volt, ezért azok a DSc pályázatában saját, új tudományos eredménynek tekinthetők.

Keppler István, eredményeit az agrár- és bioműszaki szakterülethez köthető, legrangosabb vezető folyóiratokban közölte és azokra számos ilyen folyóiratban hivatkoznak. Munkásságának Hirsch-indexe 8.

Pályázó tudományos közleményei színvonalának megítéléséhez megjelölt 7 közleménye közül 5 Q2-es, 2 pedig hazai angol nyelvű tudományos folyóiratban jelent meg

A publikációkra, azok minőségére, idézettségére vonatkozó követelményeket pályázó messzemenőig teljesítette, sőt, túlteljesítette. A minimális követelményeken felüli, egyéb közleményei is jelentős számúak és minőségűek.

Az oktatásban, tudományos utánpótlásban kifejtett munkássága ugyancsak jelentős, kellő számú a vezetése alatt fokozatot szerzett hallgatót, mentorált.

A tudományos tézisei jellemzik a végzett munkája eredményeit, minőségét. Más tudományos területekkel való együttműködési készsége, mind emberileg, mind tudományos szempontból kiváló.

A benyújtott értekezés tartalmi, formai értékelése

A disszertáció a szemcsés anyagok **diszkrét elemes modellezésének (DEM)** kalibrációs és mezőgazdasági gépészeti problémákhoz kapcsolódó alkalmazási kérdéseit tárgyalja. A munka központi célja annak bemutatása, hogy a DEM-modellek mérnöki alkalmazhatósága miként javítható a mikromechanikai modellparaméterek és a makroszkopikus viselkedés közötti kapcsolatok szisztematikus feltárásával, kísérleti validációval alátámasztva.

A dolgozat első eredménycsoportja a klasszikus nyírókísérleteken alapuló DEM-kalibráció elemzéséhez kapcsolódik. A szerző érzékenységvizsgálatok segítségével feltárja, hogy az egyes mikromechanikai paraméterek – *így az*

anyagjellemzők, a tribológiai tulajdonságok, a kohéziós paraméterek, valamint a numerikus időlépés – milyen hatással vannak a makroszkopikus nyírási jellemzőkre, különösen a kohézióra és a belső súrlódási szögére. A bemutatott eredmények alapján világossá válik, hogy egyes paraméterek domináns hatást gyakorolnak a makroszkopikus viselkedésre, míg mások hatása a vizsgált tartományban másodlagos. Ez a megközelítés hozzájárul a DEM-kalibráció átláthatóbbá és hatékonyabbá tételéhez, valamint mérsékli a paraméterválasztás önkényességét.

A második eredménycsoport a torziós helyszíni nyírókísérlet DEM-kalibrációs célú alkalmazásával foglalkozik. A dolgozat bemutatja, hogy megfelelő műszerkalibrációval a torziós nyírókészüléken mért nyomaték és a nyírófeszültség között megbízható kapcsolat határozható meg. Ez lehetőséget teremt arra, hogy helyszíni, minimális bolygatással végzett mérések szolgáljanak alapul a diszkrét elemes modellek paraméterezéséhez. A módszer alkalmazhatóságát a szerző klasszikus laboratóriumi nyíróvizsgálatokkal veti össze, amely megerősíti az eljárás konzisztenciáját. Az eredmények alapján a torziós mérés kiegészítő alternatívát kínál a DEM-kalibráció során alkalmazott hagyományos vizsgálatok mellett.

A disszertáció egy további fejezete a rezgő talajművelő szerszám és a talaj kölcsönhatásának vizsgálatát mutatja be. A szerző numerikus szimulációk alapján elemzi a rezgés hatását a szerszám–talaj kölcsönhatásra, és kimutatja, hogy a rezgési paraméterek módosítása számottevően befolyásolhatja a vonóerő-igényt. A bemutatott eredmények szerint a rezgés hatása különböző szerszámgeometriák esetén hasonló tendenciát mutat, ami arra utal, hogy a jelenség elsősorban a dinamikai hatásokhoz, nem pedig a geometriai részletekhez köthető. Ezek az eredmények hozzájárulnak a rezgő talajművelő eszközök működésének jobb megértéséhez.

A szerző kísérleti és numerikus eredmények összevetésével bemutatja, hogy a keveredési hatékonyságot nem egyetlen geometriai paraméter, hanem a szemcsepályák statisztikai tulajdonságai határozzák meg. A bemutatott eredmények alapján a keveredés romlása a szemcsepályák közötti korreláció növekedésével és a független eltérítési események számának csökkenésével értelmezhető, ami összhangban van a keveredési folyamatok elméleti megközelítéseivel. Az eloszlás-alapú összehasonlítások alapján a diszkrét elemes modell a vizsgált esetekben megfelelően írja le a keverési folyamatot. A modell alkalmazása lehetőséget ad a statikus keverő-berendezésekben lejátszódó keveredési mechanizmusok kontrollált vizsgálatára. A bemutatott összefüggések a keverőelemek elrendezésének és geometriai paramétereinek megválasztásához nyújtanak támpontot, ezáltal hozzájárulhatnak hatékonyabb statikus keverők tervezéséhez.

A disszertáció záró eredménycsoportja a terményszárítókban alkalmazott lamellageometriák vizsgálatához kapcsolódik. A szerző klasszikus mechanikai megfontolások alapján ciklois alakú lamellát javasol az egyenes kialakítással szemben, majd ennek hatását diszkrét elemes szimulációk és kísérleti vizsgálatok segítségével elemzi. A jelölt által itt alkalmazott módszer lehetővé teszi az anyagáramlás egyenletességének közvetlen, időintegrált értékelését. A bemutatott eredmények azt mutatják, hogy a ciklois lamella alkalmazása a vizsgált esetekben egyenletesebb anyagáramlást eredményez, amit kvantitatív egyenletlenségi mutatók is alátámasztanak. A dolgozat ugyanakkor rámutat arra is, hogy gyártástechnológiai megfontolások miatt a ciklois geometria közvetlen megvalósítása nem minden esetben célszerű.

Új tudományos eredmények

1. A klasszikus nyírókísérlet **diszkrét elemes modelljét (DEM)** létrehozva matematikai összefüggések segítségével megadta a szemcsehalmozok makromechanikai viselkedését meghatározó jellemzők (*az α látszólagos kohézió és a φ belső súrlódási szög*) értékeinek mikromechanikai paraméterektől való függését. **Kimutatta**, hogy melyek azok a mikromechanikai paraméterek, amelyekre a nyírókísérlet leginkább érzékeny. A tudományos eredmények felhasználása rövidebb idő alatt vezethet sikeres kalibrációhoz, a kalibrálási folyamat idő- és erőforrás igénye így lecsökkenthető.
2. **Meghatározta** a kalibrálási eljárások különböző mikromechanikai paraméterekre vonatkozó érzékenységét, ezzel lehetőséget adva a kalibrálás felgyorsítására, a mezőgépeszeti gyakorlati problémákkal kapcsolatos modellezési feladatok idő- és számítási erőforrásigényének csökkentésére.
Kidolgozott egy olyan kalibrációs eljárást, amely lehetővé teszi a szemcsehalmozok (*főleg talaj*) mechanikai tulajdonságának helyszíni meghatározását, majd ennek a vizsgálatnak az eredményei alapján a kalibrálás elvégzését. Meghatározta a makroviselkedés mikromechanikai paraméterektől való függésének matematikai alakját is, lehetővé téve a kalibrálási eljárás idő- és erőforrás igényének csökkentését.
3. **Igazolta**, hogy a talajművelő szerszámok szabad rezgéseinek lehetővé tétele bizonyos esetekben csökkenti a talajművelési eljárás vonóerő igényét. Kimutatta, hogy a szerszámcsúcs sebesség és haladási sebesség hányadosának (*sebességtényező*) növelése, vonóerőigény csökkenésre vezet, a csökkenés pedig függetlennek mutatkozik a szerszám alakjától.
4. **Létrehozott** egy, a gyakorlat számára elfogadható pontossággal működő diszkrét elemes modellt, amely képes a rezgő talajművelő szerszám mozgásához szükséges vonóerőigény előrejelzésére. Kimutatta, hogy a Galton deszkához hasonló felépítésű ütközéses alapon működő, mozgó alkatrészt nem tartalmazó készülék

Matematikai összefüggések felírásával meghatározta a keverés hatékonyságának függését a készülék geometriai felépítésétől, lehetőséget adva ezzel a működési hatékonyság növelésére, a keverési művelet energiaigényének csökkentésére.

5. **Kimutatta**, hogy bizonyos szemcsehalmozokat mozgó alkatrész nélküli, statikus keverő-berendezésekkel is hatékonyan össze lehet keverni. Meghatározta, hogy milyen mechanikai jelenség okozza a termények alul- vagy túlszáritásából eredő minőségromlást, anyagi veszteséget. Kimutatta, hogy milyen konstrukciós módosítással lehet minimalizálni ezt a minőségromlást.

A megfogalmazott tudományos téziseket

e l f o g a d o m

Összefoglaló értékelés

A benyújtott doktori mű **formai szempontból megfelelő**. Összességében a disszertáció egységes módszertani keretben mutatja be a diszkrét elemes modellezés különböző alkalmazásait. A dolgozat különböző alkalmazási területei ellenére közös szemléleti alapot képvisel: a vizsgált jelenségek értelmezését következetesen a határfelületeken lezajló mikromechanikai folyamatokra vezeti vissza. A jelölt bemutatja, hogy a talaj–szerszám, szemcse–szemcse és anyag–geometria határfelületeken kialakuló kölcsönhatások megfelelő leírása lehetővé teszi látszólag eltérő problémák egységes keretben történő értelmezését.

Az eredmények kísérleti megfigyelésekkel és numerikus vizsgálatokkal alátámasztottak, és a szerző következtetései összhangban állnak a bemutatott kísérleti eredményekkel. A munka hozzájárul a DEM-modellek mezőgépeszeti alkalmazhatóságának jobb megértéséhez. Az eredmények megfelelő alapot teremtenek a dolgozatban bemutatott módszerek további vizsgálatához, kiterjesztéséhez és gyakorlati alkalmazásához. A jelölt bizonyította a doktori cím elnyerésére való alkalmasságát és tudományos munkásság megfelelőségét.

A fentiek alapján a doktori munka tudományos eredményeit elegendőnek tartom az MTA doktori cím megszerzéséhez és a nyilvános védelem kitűzését

j a v a s l o m

Budapest, 2026. február hó

**Keszthelyi - Szabó Gábor
az MTA doktora**

Megválaszolandó kérdések

1. Nem gondolja, hogy a DEM-paraméterek "szabadságfoka" miatt gyakorlatilag bármilyen makroszkopikus viselkedés előállítható megfelelő paraméterválasztással?
2. Miért tartja a torziós helyszíni mérést alkalmasabbnak DEM-kalibrációra, mint a klasszikus laboratóriumi nyíróvizsgálatot?
3. Miért a csíkozást választotta az áramlás jellemzésére, nem pedig sebességmezőket vagy sebesség gradienseket?
4. Több helyen kvalitatív vagy trend-alapú következtetéseket von le. Nem hiányzik innen a formális statisztikai szignifikanciavizsgálat?

Budapest, 2026. február hó

**Keszthelyi – Szabó Gábor
az MTA doktora**