

OPPONENSI VÉLEMÉNY

Oldal István
pályázó

ÚJ MATEMATIKAI MODELLEK SZEMCSÉS ANYAGOK MODELLEZÉSÉHEZ

az MTA doktora címre benyújtott pályázatáról

Előterjesztő

Keszthelyi - Szabó Gábor
az MTA doktora

Budapest, 2026. március-április hó

Pályázó tudományos munkássága

A Pályázó publikációs mutatói **megfelelnek** az Agrártudományi Osztály követelményeinek. Az Osztály és az Agrár- és Bioműszaki Tudományos Bizottság minimum követelményeit a Pályázó valamennyi kategóriában **teljesítette**, több kategóriában **jelentősen túlteljesítette**.

A nemzetközi IF-es folyóiratokban megjelent publikációinak száma: 20 db, amelyre 311 független hivatkozást kapott.

Összesített impakt faktora 45,998 a teljes életműre, ebből ugyanennyi a PhD fokozat megszerzését követően.

Első, utolsó vagy levelező szerzős, MTMT Q1/Q2 folyóiratokban megjelent publikációinak száma: 10, a Q1-es lapokban megjelent közlemények közül egy D1-es minősítésű folyóiratban jelent meg.

Emellett 37 dolgozatot publikált idegen nyelven nem IF-es nemzetközi és 32-t osztálylistás folyóiratokban. Az ezekre kapott hivatkozások száma: 39. A fentiekén túl a Pályázó egy folyóiratban megjelent konferenciaközleményt, egy idegen nyelvű többszerzős szakkönyvet, egy magyar nyelvű többszerzős könyvfejezetet, három többszerzős felsőoktatási tankönyvet és 14 proceedings-ben megjelent teljes konferenciaközleményt jegyez.

Elsőszerzős közlemények száma 9, ebből három jelent meg impakt faktoros és/vagy MTMT Q1/Q2 folyóiratban.

Oldal István, eredményeit az agrár- és bioműszaki szakterülethez köthető, legrangosabb vezető folyóiratokban közölte és azokra számos ilyen folyóiratban hivatkoznak.

A publikációkra, azok minőségére, idézettségére vonatkozó követelményeket pályázó messzemenőig teljesítette. 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.

Diákkörösei közül három fő az Egyetemi TDK konferencia, egy pedig az Országos TDK Konferencia első díját nyerte el. A TDK munka eredményeiből készült tudományos közleményeknek egy első és két társszerzős hallgatói közreműködője volt.

Elfogadott diplomamunkát nyújtott be három TDK-s hallgató, egy fő pedig „Pro Scientia” díjat nyert.

A MATE Műszaki Tudományi Doktori Iskolájának törzstagja, ahol több kurzust szervez és előadásokat tart (*Kísérletek tervezése, CFD modelling*).

Témavezetése mellett 2024-ig **öt PhD hallgatója szerzett fokozatot** (*háromnak 50%-ban, kettőnek 100%-ban volt témavezetője*). Jelenleg négy „főállású” PhD hallgató társ- témavezetője. Ezen kívül jelentős számú PhD hallgató kutatómunkáját segítette modellezési konzultációval.

PhD értekezések bírálója, bírálóbizottság tagja/titkára, illetve értekezések opponense volt több alkalommal. Ezen kívül a graduális (BSc és MSc) és posztgraduális képzési programokban több tantárgy oktatója, illetve tantárgyfelelőse mind magyar, mind angol nyelven (*Statika, Szilárdságtan, Mozgástan, Mechanika 1, Mechanika 2, VEM technológiák, Számítógépes modellalkotás, Alkalmazott mechanika 1, 2, Rugalmasságtan, Lengéstan*), továbbá **szakirány-felelősként is tevékenykedett**.

A kutatói munka rövid bemutatása

A Pályázó kutatómunkájának korai fázisában felismerte, hogy a szemcsés anyagok silóból történő kifolyására a szakirodalomban ***térfogati kifolyás esetére*** található analitikus számítási modell. Ugyanakkor a gyakorlathoz közelebb álló ***tölcséres kifolyásra „csupán” empirikus*** számítási modelleket találunk. Úgy találta, hogy a témához kapcsolódó ***összes számítási modell állandó sebességet feltételez*** a kifolyónyílás mentén. **Ezt a megközelítést hibásnak ítélte**, mivel sem a mérések, sem a numerikus modellek nem mutatnak állandó sebességet. Megállapításainak igazolására a kifolyás új megközelítését a PhD munkája során megkezdte, azonban annak síkmodellekre történő általánosítását kutatótársaival később dolgozták ki. **A kidolgozott modell** az instabil boltozatok hipotézisének alapján leírja a kifolyási sebességet a kifolyónyílás mentén tengelyszimmetrikus és síkmozgású silók esetében. Ezek a sebességek kísérleti vizsgálatokkal és numerikus modellekkel igazolva megfelelnek a valós viszonyoknak. **A sebesség alapján meghatározható** a kifolyási tömegáram értéke, amely mind a tengelyszimmetrikus, mind a síkáramlás esetére mérésekkel igazoltan helyes. **Munkájával létrehozott** ezen a területen egy korábban nem létező elméleten alapuló **analitikus modellt**, amely általánosan síkmodellel leírható silóból való kifolyás modellezésére alkalmas.

Kutatásainak jelentős részét a szemcsés anyagok mechanikája területén folytatta, illetve folytatja. A silókifolyás területén, annak analitikus leírásában, nemzetközi viszonylatban is jelentős eredményeket ért el. Ezen a területen publikált eredményei a mai napig hatással vannak mások kutatómunkájára, a legtöbb hivatkozás e témakörben közzétett publikációira érkezik. A silókifolyásra olyan újszerű elvet és arra épülő modellt dolgozott ki, melyre hivatkozva több kutató publikált új eredményeket. A **numerikusmodellezés**, ezen belül a szemcsés anyagok modellezésére alkalmas **diszkrét elemek módszerének (DEM)** problémái jelenleg is kutatásai tárgyát képezik. A szemcsehalmoz mozgáselemzése mellett több más témában is folytat kutatómunkát. A szerteágazó kutatásainak közös jellemzője, hogy a fókuszban a mechanikai modellezés áll. **Jellemzőbb kutatási témái:** *bolygó golyósmalom kinetikája, az additív gyártás mechanikai problémái, a kopás modellezése, a térdmozgás kinematikája, féknyereg-mechanika.*

A benyújtott értekezés tartalmi, formai értékelése

A jelölt kutatómunkáját a szemcsés anyagok modellezésének területén folytatta, mind analitikus, mind numerikus megközelítések alkalmazásával és továbbfejlesztésével. Tudományos munkája középpontjában egyrészt a silók ürítési folyamatainak elméleti leírása, másrészt a diszkrét elemek módszerén (DEM) belül alkalmazott szemcsekapcsolati modellek csillapítási kérdései álltak.

Disszertációjában e két, egymással összefüggő, de módszertanilag eltérő kutatási területen elért eredményeit rendszerezte, részletesen bemutatta az alkalmazott módszereket, valamint összegezte az új tudományos megállapításokat és azok gyakorlati jelentőségét.

Az **első kutatási terület** a szemcsés anyagok silóból történő kifolyásának analitikus leírásához kapcsolódott. A szakirodalom áttekintése során megállapította, hogy térfogati kifolyás esetére léteznek analitikus számítási modellek, ugyanakkor tölcséres kifolyásra csupán empirikus összefüggések állnak rendelkezésre. További problémát jelentett, hogy a korábban kidolgozott modellek egységesen állandó sebességet feltételeznek a kifolyónyílás mentén, ami ellentmond mind a kísérleti mérések, mind a numerikus szimulációk eredményeinek. A mért és számított sebességeloszlások ugyanis egyértelműen kimutatták, hogy a kifolyási sebesség nem tekinthető konstansnak a nyílás teljes keresztmetszetében.

A kifolyás új elméleti megközelítését és annak síkmodellekre történő alkalmazását dolgozta ki részletesen. Az általa megalkotott modell az instabil boltozatok hipotézisére épül, és ennek segítségével képes leírni a

kifolyási sebesség eloszlását a kifolyónyílás mentén mind tengelyszimmetrikus, mind síkmozgású silók esetében. A modellből származtatott sebességeloszlásokat kísérleti vizsgálatokkal és numerikus szimulációkkal is ellenőrizte, amelyek igazolták, hogy az elméleti eredmények jól közelítik a valós fizikai viszonyokat. A meghatározott sebességmező alapján lehetővé vált a kifolyási tömegáram számítása is, amely mind tengelyszimmetrikus, mind síkáramlási esetben mérési adatokkal alátámasztva helyesnek bizonyult. Összességében ezen a területen egy korábban nem létező, **új elméleti alapokon nyugvó analitikus modellt** hozott létre, amely általános érvénnyel alkalmazható síkmodellel leírható silók ürítési folyamatainak vizsgálatára.

Második fő kutatási területe a diszkrét elemek módszerén belül alkalmazott szemcsekapcsolati modellek csillapítási kérdéseire irányult. A diszkrét elemek módszerének egyik alapvető építőköve a szemcsék közötti érintkezési modell, amely meghatározza az ütközések és kölcsönhatások mechanikai leírását. Vizsgálatait kohéziómentes, rugalmas anyagokra korlátozta, és a szakirodalomban fellelhető három alapvető csillapítási modellt elemezte részletesen.

Az egyik legelterjedtebb megközelítés

- a **viszkózus csillapítás** alkalmazása modell,
- a másik az **elaszto-plasztikus modell**,
- míg a harmadik modell **két eltérő meredekségű egyenessel** írja le a csillapítás jelenségét.

Elemzése rámutatott arra, hogy bár **mindhárom modell** rendelkezik bizonyos előnyökkel, jelentős korlátokkal is bírnak. A két eltérő meredekségű egyenessel modellezett csillapítás például erősen leszűkíti az alkalmazhatóság tartományát, mivel a valós szemcseérintkezések nemlineáris viselkedést mutatnak. Emellett a második szakasz nem tér vissza a zérus erőértékhez, ami további korrekciót igényel. A viszkoelasztikus modell ugyan pontosabb leírást adhat, azonban bonyolultabb matematikai formát és több anyagparaméter meghatározását teszi szükségessé. A viszkózus csillapítás a rugalmas kapcsolatot leíró alapmodellhez egy sebességfüggő tagot ad hozzá, amelynek két lényeges hátránya van: egyrészt torzítja az alap rugalmas karakterisztikát, másrészt kis relatív sebességek esetén – *amelyek halmazmodellezéskor, kvázi nyugalmi állapotban gyakran előfordulnak* – a csillapítás hatásfoka jelentősen csökken.

A feltárt problémák megoldására egy **új csillapítási modellt dolgozott ki**, amely az eredeti rugalmas kapcsolatot az összenyomódási szakaszon változatlanul hagyja, és kizárólag a tágulási szakasz módosításával írja le az energiaveszteséget.

Ez a megközelítés nem vezet be új, különálló sebességfüggő tagot a modellbe, így annak matematikai alakja egyszerű marad, és kevés paraméter alkalmazását igényli. **Az általa javasolt modell** mentes az alap karakterisztika torzításától, numerikus szempontból stabilabb kis sebességek esetén, továbbá **számítási igénye is kisebb** a hagyományos viszkózus csillapítást alkalmazó modellekhez képest. Nem szükséges minden rugalmas modell esetén új formát kidolgozni a megfelelő működéséhez, az adott forma bármilyen rugalmas alapfüggvény esetén azonos formában használható. Ezzel hozzájárult a diszkrét elemes szimulációk hatékonyságának és megbízhatóságának növeléséhez.

Új tudományos eredmények

Oldal István MTA doktori pályázata és a doktori munkája mind formai, mind tudományos tartalmi szempontból megfelel az MTA Agrártudományok Osztálya, valamint az Agrár- és Bioműszaki Tudományos Bizottság által támasztott követelményeknek.

Különösen a szemcsés halmazok áramlása területén, azok analitikus leírásában ért el nemzetközi viszonylatban is jelentős eredményeket. Ezen a területen publikált eredményei a mai napig hatással vannak mások kutatómunkájára. Az általa kidolgozott újszerű elvet használva több új kutatás folyt, illetve folyik. Figyelembe véve a Pályázó által művelt tudományterület speciális jellegét, Oldal István kutatómunkájára épülő publikációs tevékenysége, impakt faktorainak értéke (53,9), a tudományos munkáinak idézettsége meghaladja az átlagot.

Dolgozatában az ismertett elméleti és numerikus eredményeket **három önálló tézispontban foglalta** össze, amelyek világosan elkülönítve tartalmazzák az új tudományos megállapításokat, azok bizonyítását, valamint a gyakorlati alkalmazhatóság szempontjából releváns következtetéseket.

1. **tézis:** Általánosított, instabil boltozódáson alapuló kifolyási modellel analitikusan leírható a síkmodellel közelíthető silók (*tengelyszimmetrikus, síkalakvátozás*) kifolyási sebessége és tömegárama tölcséres kifolyási mód esetén.
2. **tézis:** Új csillapítási elven alapuló szemcsekapcsolati modell, amely alkalmazható bármely rugalmas függvényre
3. **tézis:** Új típusú szemcsekapcsolati modell Hertz-függvényre való alkalmazása

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

A megfogalmazott tudományos téziseket

e l f o g a d o m

Összefoglaló értékelés

A Pályázó tudományos közéleti aktivitását, valamint széles körű oktatói és a tudományos utánpótlás nevelése terén végzett igen színvonalas tevékenységét is számításba véve az „MTA Doktora” cím elnyerésére irányuló eljárás lefolytatását javasolom.

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

j a v a s l o m

Budapest, 2026. március-április hó

Keszthelyi - Szabó Gábor
az MTA doktora

Megválaszolandó kérdések

1. A silókifolyás esetén, a boltozat alakfüggvényét lehet-e pontosabban közelíteni? Ha igen mennyit javítana a modell pontosságán?
2. Mi az oka, hogy a kifolyási modell csak tölcséres áramlás esetén ad jó eredményt?
3. Nem okoz-e problémát a csillapítási modell alkalmazásakor, hogy nem folytonos függvény lesz a kontakt modell?
4. A Hertz-modellen alkalmazva a csillapítási modellt lesz-e előnye kevésbé extrém alkalmazásnál, mint a vizsgált izotróp nyomás (*pl. nyírás esetén*)?

Budapest, 2026. március-április hó

**Keszthelyi – Szabó Gábor
az MTA doktora**