

Könyvismertetés: Dr. Szabó Barna: Bridging the Gap

Book Review: Dr. Barna Szabó: Bridging the Gap

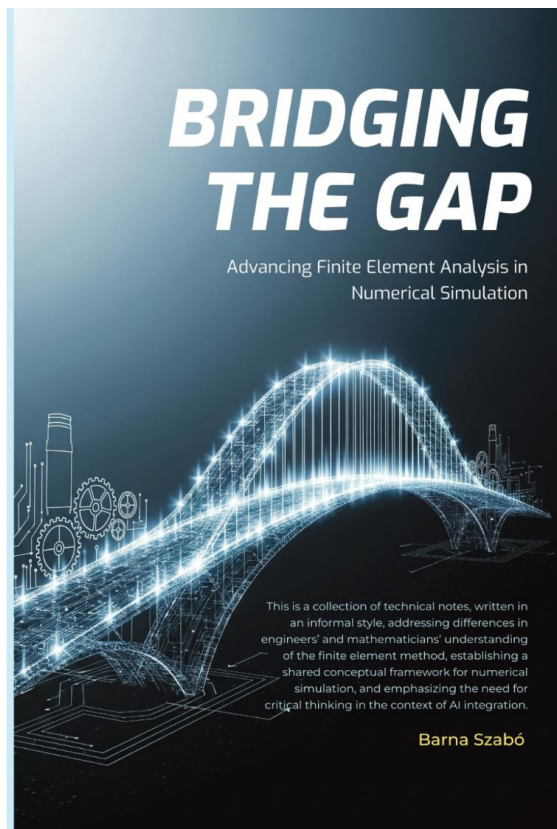
Dr. Szabó Barna „Bridging the Gap: Advancing Finite Element Analysis in Numerical Simulation” című könyve a modern mérnöki gyakorlat egyik legfontosabb, ugyanakkor gyakran félreértett területét vizsgálja: a numerikus szimulációk és a fizikai valóság kapcsolatát. A mű nem hagyományos tankönyv, hanem gondolatébresztő, esszé-szerű technikai jegyzetek gyűjteménye, amely kritikai szemlélettel közelíti meg a végeelem-módszer (FEM) alkalmazását.

A szerző alapvető tézise szerint a mérnöki gyakorlatban egyre nagyobb szerepet kapó szimulációk mögött komoly fogalmi és módszertani hiányosságok húzódnak meg. A könyv címe – „Bridging the Gap” – arra a szakadékra utal, amely a végeelem módszer intuitív alapon művelt mérnöki gyakorlata és annak tudományosan megalapozott elméleti alapjai között fennáll. Ez a szakadék nem csupán technikai, hanem szemléleti probléma is.

A kötet egyik legfontosabb újítása a terminológia kritikája. Szabó professzor rámutat arra, hogy számos, a szakmában elterjedt fogalom – mint például „physics-based model”, „physics-informed model” vagy „computational model” – pontatlan és félrevezető. A könyv hangsúlyozza, hogy a fizikai valóságot közvetlenül nem modellezzük, hanem annak matematikai reprezentációját hozzuk létre, amely mindig közelítés. Ez a szemléletváltás alapvető jelentőségű a szimulációk helyes értelmezésében.

Különösen fontos a végeelem-modellezés és a végeelem-analízis közötti különbségtétel. A szerző szerint a gyakorlatban alkalmazott FEM-modellezés sokszor inkább tapasztalati, intuitív folyamat, míg a végeelem-analízis a matematika szigorú eszköztárára épül. Ez a különbség magyarázza, hogy a szimulációk miért vezetnek gyakran pontatlan vagy félrevezető eredményekhez.

A könyv részletesen tárgyalja a verifikáció és validáció kérdéskörét is. A szerző világosan elválasztja a numerikus megoldás helyességének ellenőrzését (verifikáció) attól a kérdéstől, hogy maga a modell megfelelően írja-e le a valóságot (validáció). Ez a megkülönböztetés a modern mérnöki gyakorlat egyik kulcskérdése.



A fenti gondolatokat tovább mélyítve kiemelendő, hogy a numerikus szimuláció és a fizikai anyagvizsgálat közötti kapcsolat nem pusztán módszertani kérdés, hanem a mérnöki megbízhatóság alapja. A könyv hangsúlyozza, hogy a validációs folyamat során a kísérleti adatok nemcsak ellenőrzésre szolgálnak, hanem a modellek fejlesztésének és validációjának aktív részét képezik.

Ebből következően a szimulációk helyes alkalmazása megköveteli a mérési adatok strukturált gyűjtését, statisztikai értelmezését és visszacsatolását a matematikai modellekbe. Ez a szemlélet különösen fontos az anyagvizsgálat területén, ahol a mérési bizonytalanságok és anyagheterogenitások jelentős hatással vannak az eredményekre.

A könyv által bevezetett szimulációirányítási (simulation governance) megközelítés lehetővé teszi, hogy a vállalatok a szimulációkat ne izolált eszközként, hanem integrált döntéstámogató rendszerként alkalmazzák. Ez jelentős előrelépést jelent a hagyományos, tapasztalati alapú modellezési gyakorlathoz képest. Ezáltal a „simulation governance” koncepció hangsúlyozása a könyv egyik további újdonsága. Ez a megközelítés a szimulációk tudatos, szervezeti szintű irányítását jelenti, amely biztosítja a modellek megbízhatóságát és a döntések megalapozottságát. A szerző szerint ez a jövő egyik kulcsterülete.

A szerző rámutat arra is, hogy a jövő mérnöki kihívásai – különösen az új anyagok és komplex rendszerek esetében – csak akkor kezelhetők hatékonyan, ha a numerikus és kísérleti módszerek szoros együttműködésben működnek. Ez a megközelítés egyben új szerepet is kijelöl az anyagvizsgálók számára a digitális mérnöki környezetben. Ezáltal a könyv jelentősége az anyagvizsgálati szakma számára kiemelkedő.

A kötet egyik legérdekesebb és legfontosabb fejezete a mérnöki felelősség kérdését vizsgálja („Where do you get the courage to sign the blueprint?”). Szabó professzor rámutat arra, hogy a szimulációk eredményeire alapozott döntések komoly kockázatot hordoznak, ha azok megbízhatósága nincs megfelelően igazolva. A kizárólag szimulációra vagy kizárólag kísérletekre építő megközelítés egyaránt hibás; a helyes út ezek tudatos kombinációja.

A tartalomjegyzék alapján a kötet rendkívül széles témakört ölel fel: a fogalmi alapoktól kezdve a modellezési hibákon és azok következményein át a digitális ikrekig és a mesterséges intelligencia (AI) szerepéig. Külön figyelmet érdemel az AI kritikája, amely szerint az algoritmusok nem helyettesítik a mérnöki gondolkodást, sőt, annak szerepe tovább erősödik.

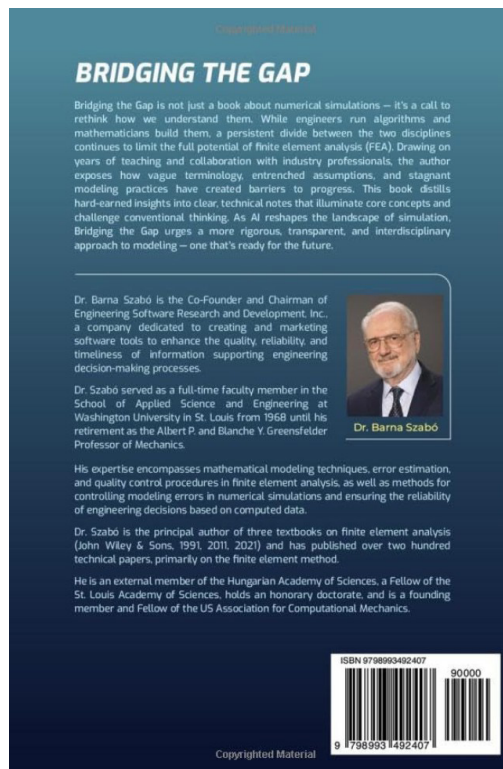
A Bridging the Gap röviden, de határozottan kitér a jelenkor egyik legmeghatározóbb technológiai folyamatára: a mesterséges intelligencia integrációjára a mérnöki munkafolyamatokban. Ahogy az AI egyre mélyebben beépül és átformálja a szimuláció ökoszisztémáját, a könyv alapvetése szerint a fundamentális fizikai összefüggések ismerete és a kritikai gondolkodás iránti igény nemhogy csökkenne, hanem drasztikusan megnő. A kötet szorgalmazza egy sokkal szigorúbb, elméletileg átláthatóbb és interdiszciplinárisabb modellezési megközelítés kialakítását – egy olyat, amely megfelelően felkészült a jövő mesterséges intelligencia által dominált világára, és amelyben az adatok érvényességének vizsgálata továbbra is a mérnöki munka megkerülhetetlen alapja marad.

Dr. Szabó Barna¹ a számítógépes mechanika nemzetközileg elismert kutatója, aki több mint hat évtizedes pályafutása során a mérnöki gyakorlat és az alkalmazott matematika összekapcsolásán dolgozott. Tanulmányait Kanadában és az Egyesült Államokban végezte, majd a Washington University professzoraként vált a terület meghatározó alakjává.



Legjelentősebb hozzájárulása a végeelem-módszer p-verziójának kidolgozása. Szabó és kutatótársai (köztük Ivo Babuška és Ernst Rank) által kifejlesztett p-verzió, a h-verziós végeelem-módszerek hálósűrítése helyett rögzített, ritkább végeelem-hálózatot használ, és a pontosságot az elemek felett definiált bázisfüggvények (alakfüggvények) polinomfokának (a "p" értéknek) hierarchikus és szisztematikus növelésével éri el, amely lehetővé teszi a numerikus hibák szigorúbb becslését és a szimulációk megbízhatóságának növelését. Bemutatták, hogy a h és p módszer optimális kombinálása exponenciális konvergenciához vezet. Szabó professzor több mint 200 publikáció szerzője, társszerzője a végeelem-analízis alapműveinek, valamint az ESRD vállalat társalapítója, ahol a p-verzió alapuló StressCheck szoftver fejlesztése zajlik. Tudományos és ipari munkássága egyaránt hozzájárult ahhoz, hogy a numerikus szimuláció ma megbízható mérnöki eszközzé válhasson.

A „Bridging the Gap” egy rendkívül aktuális és hiánypótló mű, amely új megvilágításba helyezi a numerikus



szimuláció szerepét a mérnöki gyakorlatban. A könyv markánsan rávilágít, hogy a numerikus szimuláció a 21. században többé nem kezelhető pusztán szoftveres rutin-feladatként, és a vele járó biztonsági felelősség nem delegálható teljes mértékben a számítógépes programokba kódolt matematikai szoftverekre. A heurisztikus modellezés és a tudományosan megalapozott numerikus analízis közötti éles megkülönböztetés, a verifikáció és validáció transzparens szétválasztása, valamint az ezeket összefogó simulation governance szigorú intézményesítése az ipari vállalatok jövőbeli túlélésének alapvető záloga.

Az anyagvizsgáló szakma – a laboratóriumok vezetői, a vizsgáló mérnökök és minőségügyi szakemberek – számára ez a könyv felbecsülhetetlen értékű intellektuális megerősítést jelent. Alátámasztja azt a tényt, hogy a legkorszerűbb mérnöki szimuláció gyökerei és határai kizárólag a fizikai valóság megértésében és precíz mérésében rejlenek. A fizikai kísérletek gondos megtervezése, az adatok rigorózus gyűjtése és ezek integrációja a végeelem-modellek tudományos validációjába képezi azt a hidat (the gap bridged), amely a virtuális tervezőasztaltól a biztonságosan és megbízhatóan működő fizikai szerkezetekig vezet. A könyv további, részletekbe menő feldolgozása és bemutatása az Anyagvizsgálók Lapja következő lapszámaiban részletesebb kifejtést nyer.

Dudra Judit, PhD, vezető mérnök
Szávai Szabolcs, PhD, divízió vezető
AEMI Atomenergia Mérnökiroda Kft., Mérnöki Divízió

¹ Tóth László: Ifjan, éretten, öregén : 85 kérdés-válasz nyolc és fél évtizedről / Szabó Barna URL: <https://mek.oszk.hu/23700/23757> (utolsó megtekintés: 2026.05.08.)