

Pregled peridinamike: teorija, možnosti uporabe in perspektive

Gábor Ladányi^{1,*} – Viktor Gonda²

¹ Univerza v Dunaújvárosu, Inštitut za tehniške vede, Madžarska

² Univerza v Óbudi, Fakulteta za strojništvo in varnostni inženiring Donát Bánki, Madžarska

Modeliranje in simulacija degradacije materialov, zlasti zlomov v trdnih snoveh na različnih dimenzijskih in časovnih skalah, kljub razvoju različnih pristopov še vedno predstavljata velik izziv. Pričujoči pregled zajema rezultate raziskovalnega dela na področju metod nelokalnega peridinamičnega modeliranja. Ta v enotnem okvirju omogoča popis zveznih pojavov in sledenje celotni evoluciji razpok v trdnih snoveh – iniciranju, širjenju, cepitvi in zraščanju razpok. Namen tega pregleda je podati zgoščen povzetek najnovejšega razvoja peridinamične teorije trdne snovi in osvetliti možne smeri razvoja.

Porušitev konstrukcij je kompleksen pojav na več dimenzijskih in časovnih skalah. Numerična metoda za točno modeliranje procesa razvoja razpok mora pokriti iniciranje, širjenje, cepitev, zraščanje in ločevanje razpok. Klasični pristopi linearne elastomehanike in nelinearne lomne mehanike ter razširjena MKE (X-FEM) sicer dajejo delne rešitve, iniciranje in cepitev razpok pa kljub temu ostajata odprt problem. Analize diskretnih mehanskih sistemov, kot je npr. molekularna dinamika, sicer niso obremenjene s temi pomanjkljivostmi, vendar so omejene na manjši volumen oz. časovni segment. Peridinamika kombinira prednosti klasične mehanike kontinuuma in molekularne dinamike ter je primerna za obdelavo singularnosti in separacij med razvojem poškodbe.

Avtorja sta po pregledu večjega števila objav na temo peridinamike pripravila jedrnat pregled ključnih konceptov in možnosti uporabe ter identificirala možne poti razvoja: povezovanje mehanike velikih deformacij z nelinearnostmi v materialu in razvoj visokoučinkovitih peridinamičnih reševalnikov.

Ugotovljeno je bilo, da ima nelokalnost peridinamike pomembno vlogo pri simulacijah širjenja, cepitve in združevanja razpok v krhkih materialih. Peridinamika omenjene pojave opiše brez umetnih pogojev v zvezi s hitrostjo pri vrhu razpok, rezultati modela pa se v mnogih standardiziranih in »realnih« konfiguracijah odlično ujemajo z eksperimentalnimi podatki. Pregled objav nekaj zadnjih desetletij je pokazal štiri možne smeri prihodnjega razvoja:

- (1) Peridinamika ima velik potencial v nelinearni in duktilni lomni mehaniki. Kombinacija peridinamike in duktilnosti predstavlja izziv in običajni eksplicitni peridinamični reševalniki niso dovolj učinkoviti. Zato obstaja potreba po razvoju implicitnih in/ali učinkovitejših eksplicitnih reševalnikov.
- (2) Pri večjih deformacijah so bile ugotovljene težave z numerično stabilnostjo, ki pa so se jim posvetili le redki avtorji. Določena je bila tudi zveza med brez mrežnimi metodami in peridinamiko. Uvedba peridinamike višjega reda je tako možna rešitev za težave s stabilnostjo.
- (3) Možna smer razvoja v prihodnjih letih bo tudi analiza numerične stabilnosti, robustnosti in učinkovitosti peridinamike. Ta je sicer zelo točna, njena hitrost in učinkovitost pri »industrijskih« problemih pa ne dosega hitrosti sodobnih metod, npr. razširjene MKE in brez mrežnih metod. Kombiniranje peridinamike s temi metodami je zelo učinkovito in vzporedno računanje (npr. na superračunalnikih ali z grafičnimi karticami) se kar samo ponuja kot alternativna rešitev za izboljšanje hitrosti in učinkovitosti.
- (4) Vse več je tudi objav o multifizikalnih in multidisciplinarnih raziskavah.

Če bo peridinamika uspešno razrešila problem mehanike velikih deformacij v trdnih snoveh, se bodo odprle nove možnosti za raziskave ločevanja (širjenja razpok) ali spajanja mehkih tkiv v aplikacijah na področju biomehanike in biofizike.

Članek podaja reprezentativen pregled nad evolucijo področja peridinamičnega modeliranja. Razdelana so področja uporabe, kjer je že dosežen konsenz. Na osnovi analize stanja razvoja peridinamičnega modeliranja so podani predlogi možnih smeri prihodnjih raziskav za obravnavo nelinearnosti v materialu in geometriji ter za izboljšanje numerične učinkovitosti pri sklopljenih multifizikalnih problemih.

Ključne besede: peridinamika, lomna mehanika, mehanika poškodb, nelokalna mehanika