

Prepoznavna oblike planih preizkušancev z uporabo optičnih metod merjenja celotnih polj deformacij in poravnava oblike z uporabo minimizacije odstopanja preslikave

Andraž Maček – Janez Urevc – Miroslav Halilović*

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Slovenija

Raziskava predstavlja razvito metodologijo za prostorsko poravnavo oblike merjenega planega preizkušanca z obliko računskega modela. Prostorska poravnava predstavlja ključen del najnovejših postopkov inverzne identifikacije parametrov konstitutivnih modelov trdnin, ki temeljijo na meritvah celotnega polja deformacij preizkušancev s heterogenim odzivom. Poravnava je namreč nujno potrebna, saj moramo med postopkom inverzne identifikacije primerjati izmerjene in izračunane odzive preizkušancev v istih (materialnih) točkah.

Razvita metodologija obsega tako prepoznavo oblike merjenega preizkušanca iz fotografij merilnega sistema korelacije digitalnih slik (DIC) kot tudi postopek prostorske poravnave. S praktičnega vidika je to ključnega pomena, saj moramo prepoznati in poravnati obliko preizkušanca, ko je ta že na lokaciji in pripravljen za meritve deformacij. Torej ima preizkušane v tem stanju že nanešen naključni vzorec, ki je potreben za izvedbo meritev deformacij z merilnim sistemom DIC in je vpet v trgalni stroj. Razvita metoda omogoča prostorsko poravnavo meritev, kjer je preizkušane opazovan bodisi z eno kamero (ravninsko 2D merjenje), bodisi z več. Prepoznavna oblike merjenega preizkušanca temelji na primerjavi dveh fotografij preizkušanca. Prva fotografija je zajeta na klasičen način, tako kot fotografiramo preizkušane za potrebe postopka DIC. Pred zajemom druge fotografije pa dodatno osvetlimo preizkušane še iz zadnje smeri. Tako zajamemo dve fotografiji, ki se razlikujeta v osvetlitvi ozadja preizkušanca. S prepoznavo slikovnih točk, katerih sivinska vrednost se med slikama ne spremeni veliko, določimo obliko merjenega preizkušanca. Prostorska poravnava te oblike z obliko preizkušanca uporabljenega v izračunu temelji na preslikavi pozicije slikovnih točk na zajetih fotografijah v prostor, kjer se nahaja oblika računalniškega modela preizkušanca. Ta preslikava je pravzaprav sestavljena iz dveh preslikav. Prva predstavlja umerjanje merilnega sistema in preslika pozicijo slikovnih točk (vrstica in stolpec na zajeti fotografiji) v pozicijo koordinatnega sistema preizkušanca (X in Y os ležita v ravnini preizkušanca in predstavljata realne mere, npr. milimeter). Druga preslikava pa nadalje preslika XY pozicije v prostor računalniškega modela preizkušanca (xy). Ta v osnovi predstavlja le transformacijo togega telesa, torej premik in zasuk točk v ravnini preizkušanca. Tako lahko preslikamo lokacije vseh slikovnih točk fotografij v prostor računalniškega modela preizkušanca. Točke, ki na fotografiji predstavljajo preizkušane in istočasno v prostoru modela predstavljajo ozadje ali obratno, predstavljajo točke neujemanja. Večje kot je število točk, večje je neujemanje med oblikama preizkušancev. Sama poravnava je izvedena v obliki optimizacijskega problema, ki išče parametre omenjene transformacije togega telesa s ciljem minimizacije števila točk neujemanja.

Robustnost metode je prikazana na primeru preizkušanca, katerega oblika spominja na strukturo metamateriala, in primerjana s splošno znano iteracijsko metodo poravnave najbližjih točk (ICP). Izkaže se, da novo razvita metoda potrebuje manj iteracij za zagotovitev poravnave preizkušanca. Uspešno pa uspe izvesti poravnavo tudi pri različnih stopnjah začetnega neujemanja in ob prisotnosti geometrijskih napak ter šuma, kjer ICP lahko konvergira k napačni poravnavi preizkušanca.

Uspešnost metode poravnave je prikazana tudi na primeru realnih meritev heterogenega preizkušanca, kjer smo obravnavali primer merjenja z le eno kamero in primer merjenja s štirimi kamerami. V obeh primerih je razvita metoda zagotovila odlično poravnavo oblik preizkušanca.

Razvita metoda predstavlja veliko praktično uporabnost v vseh primerih inverzne identifikacije na osnovi meritev celotnega polja deformacij planih preizkušancev in predstavlja novost na omenjenem področju, saj avtomatsko prepozna obliko preizkušanca in na edinstven način poskrbi za poravnavo z upoštevanjem celotne oblike preizkušanca.

Ključne besede: meritve polja deformacij, korelacija digitalnih slik, prepoznavna oblike preizkušanca, poravnava oblik, inverzna identifikacija, heterogeno polje deformacij