

Hitro in samodejno umerjanje pogreška ničelne točke pri paralelnem robotu z dvema prostostnima stopnjama na podlagi novega merilnega mehanizma

Jiangping Mei – Jiawei Zang – Yabin Ding* – Shenglong Xie – Xu Zhang
Univerza v Tianjinu, Državni laboratorij za teorijo mehanizmov in konstruiranje, Kitajska

Pogreški ničelnih točk predstavljajo veliko grožnjo za natančnost pozicioniranja paralelnih robotov, v praksi pa so lahko posledica napak v krmiljenju, trkov ali zrahljanih zgibov. Za točnost pozicioniranja je torej treba odpraviti pogreške ničelnih točk takrat, ko se pojavijo. Umerjanje pogreška ničelnih točk je praktičen in ekonomičen način za odpravo vpliva pogreška na natančnost pozicioniranja in ga je na splošno mogoče opraviti v štirih zaporednih korakih: modeliranje napak, meritve, identifikacija in kompenzacija. Pristopi k umerjanju se delijo na tiste na osnovi koordinat in tiste na osnovi razdalje. Prednost slednjega je v tem, da je invarianten na izbrani referenčni koordinatni sistem.

Omeniti je treba, da se merilni proces običajno izvaja z velikimi merilnimi napravami, ki so drage in neprikladne za uporabo, proces identifikacije pa običajno poteka po metodi najmanjših kvadratov. Če se pogreški ničelnih točk identificirajo skupaj s preveč geometrijskimi napakami, lahko strmo naraste število pogojev identifikacijske matrike in pojavi se nelinearen problem slabe pogojenosti modela identifikacije. Za razrešitev tega problema sta v članku predlagana nov merilni mehanizem in model za identifikacijo pogreška ničelne točke.

Merilni mehanizem je sestavljen iz dveh tečajev, dveh vodilnih palic, nosilne palice in linearne skale. S premikom platforme v več merilnih položajev je mogoče samodejno izmeriti spremembe razdalje med tečajema merilnega mehanizma in jih nato prenesti v model za hitro umerjanje pogreška ničelne točke v krmilniku robota. Merilni mehanizem uporablja model za identifikacijo pogreška ničelne točke na osnovi razdalje. Identifikacijski model je bil za razrešitev nelinearnega problema slabe pogojenosti identifikacijske matrike odrezan po metodi odrezanega singularnega razcepa (TSVD) na podlagi rezultatov analize občutljivosti virov napak. Model je bil nato za zagotovitev točnosti po rezanju še prilagojen za napake v izdelavi in montaži merilnega mehanizma (MAEMM).

Merilni mehanizem je v primerjavi z velikimi merilnimi napravami prikladnejši za uporabo ter omogoča pravočasne in stroškovno ugodne meritve. Metoda TSVD razrešuje problem slabe pogojenosti identifikacijskega modela, sam model, prilagojen s predhodnimi rezultati identifikacije MAEMM, pa izboljšuje možnost identifikacije pogreškov ničelnih točk. Optimizacijski pristop k izbiri merilnih položajev omogoča največjo učinkovitost meritev in dodatno izboljšanje identifikabilnosti. Rezultati simulacij in eksperimentalne analize umerjanja kažejo, da ima identifikacijski model dobro identifikabilnost in robustnost, napaka pozicioniranja po umerjanju pa je bistveno manjša. Predlagani merilni mehanizem in metoda za umerjanje pogreška ničelne točke sta uporabna tudi za umerjanje drugih ravninskih ali prostorskih paralelnih robotov.

Delovni prostor prostorskih paralelnih robotov je običajno cilindrične oblike. Če bo predlagani merilni mehanizem v prihodnje uporabljen za umerjanje paralelnih robotov, bi bilo tečaja bolje zamenjati s homokinetičnimi ali kroglastimi zgibi, ki omogočajo ustrežnejšo izbiro merilnih položajev.

Ključne besede: paralelni robot, umerjanje, pogrešek ničelne točke, merilni mehanizem, metoda odrezanega singularnega razcepa, optimalen merilni položaj