

Metoda utežene projekcije gradienta za inverzno kinematiko redundantnih manipulatorjev ob upoštevanju več kriterijev učinkovitosti

Jun Wan^{1,*} – Jiafeng Yao¹ – Liang'an Zhang² – Hongtao Wu¹

¹ Kolidž za strojništvo in elektrotehniko, Univerza za aeronavtiko in astronomiko v Nanjingu, Kitajska

² Oddelek za strojništvo, Tehniška univerza Anhui, Kitajska

Pri inverzni kinematiki (IK) kinematično redundantnih manipulatorjev je značilno, da je za določen položaj vrha robota na voljo neskončno število različnih položajev sklepov. Zato obstaja potreba po učinkoviti in praktični metodi za reševanje problema IK pri redundantnih manipulatorjih.

Danes se za reševanje IK redundantnih manipulatorjev najpogosteje uporabljata klasična metoda utežene najmanjše norme (WLN) in metoda projekcije gradienta (GPM). Metoda WLN se pogosto uporablja za uspešno izogibanje mejnim položajem sklepov, ni pa je mogoče razširiti tudi na ostale omejitve. Metoda GPM učinkovito razreši probleme IK redundantnih manipulatorjev z več omejitvami, težave pa nastopijo pri izbiri ustreznih koeficientov kriterijev učinkovitosti.

V članku je podan predlog utežene metode projekcije gradienta (WGPM) na osnovi prednosti WLN in GPM, ki omogoča reševanje problemov IK redundantnih manipulatorjev z več kriteriji učinkovitosti. Metoda je strukturirana kot regulacija na nivoju hierarhičnih nalog, ki lahko zagotavlja uspešnost glavne naloge in več podrejenih nalog. Da bi se izognili pomanjkljivosti metode GPM, kjer se skalarni faktorji za različne kriterije izbirajo na način poskusov in napak, je v WGPM uvedena tehnika za določanje ustreznih skalarnih koeficientov z normalizacijo ustreznih funkcij učinkovitosti. Teoretični del članka spada na področje kinematike robotov.

1. Predlagana metoda WGPM v simulacijah uspešno premakne vse sklepe iz mejnih položajev, medtem ko metoda WLN duši gibanje sklepov v mejnih položajih. Obe metodi pa kršita omejitve hitrosti sklepov ob neupoštevanju ustreznega kriterija učinkovitosti.
2. Metoda GPM se v eksperimentih pri izogibanju mejnim položajem sklepov pričakovano izkaže enako dobro kot metoda WGPM. Metoda GPM pa ni uspešna pri izogibanju omejitvam hitrosti sklepov zaradi neprimernih fiksnih uteži pri več kriterijih. Metoda WGPM lahko po drugi strani učinkovito regulira oddaljene meje hitrosti sklepov na osnovi zveznega skalarnega koeficienta.
3. Regulacija na nivoju hierarhičnih nalog in podrejenih nalog pri predlagani metodi WGPM je po analizah in primerjavah z metodama WLN in GPM glavni vplivni dejavnik za izboljšanje kinematike in prihranek časa.

Trenutno je s predlagano metodo WGPM implementirano samo vodenje kinematike ene roke manipulatorja s sedmimi prostostnimi stopnjami. Za validacijo uspešnosti metode WGPM bo delo v prihodnje osredotočeno na vodenje kinematike redundantnega manipulatorja z dvema rokama.

1. Za odpravo omejitev metode WLN sta bila uvedena utežena matrika in odbojno potencialno polje, ki silita sklepe proč od mejnih položajev, ne da bi jih tam blokirala.
2. Za izbiro ustreznih skalarnih faktorjev za različne kriterije učinkovitosti je v članku predstavljena tehnika določanja zveznih skalarnih koeficientov na osnovi normalizacije kriterijev in ne na osnovi empirike.
3. Za regulacijo podrejenih nalog in preprečevanje sporov med njimi je predstavljena hierarhična rešitev, kjer so prioritete kriterijev učinkovitosti organizirane v padajočem vrstnem redu.

Predlagana metoda WGPM je tako učinkovitejša in bolj praktična od metod WLN in GPM.

Ključne besede: inverzna kinematika, več kriterijev učinkovitosti, redundantni manipulator, skalarni koeficient, normalizacija, metoda utežene projekcije gradienta