

Robustna video-dotična kalibracijska metoda za lasersko varjenje z robotom

Jure Rejc* – Marko Munih

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, Slovenija

Namen članka je opis uporabe poenostavljene video-dotične metode za namene kalibracije oziroma definiranja matematičnih transformacij uporabljenih v industrijski robotski celici za varjenje in merjenje dimenzij izdelka imenovanega protektor.

Naloga, ki smo jo morali rešiti pri tem industrijskem projektu je zajemala merjenje dveh dimenzij v protektorju in definiranje točke varjenja dveh sestavnih delov protektorja, vijaka in bimetala. Predstavljen sistem je zasnovan robustno in s cenovno sprejemljivo opremo, minimizirana le na nujno potrebno, kajti omejitev delovnega prostora je bila zelo velika. Naloga je bila izpeljana z uporabo poenostavljene video-dotične metode in enostavne, vendar zelo učinkovite kalibracijske metode, ki zagotavlja delovanje sistema znotraj predpisanih merilnih in varilnih toleranc. Pristop je omogočil izvajanje meritev in določanje točke laserskega varjenja z mejo pogreška $\pm 0,1$ mm.

Predstavljen industrijski rešitev je sestavljena iz dveh neodvisnih sistemov nameščenih na robotski mehanizem. Prvi je video merilni sistem, druga pa laserski varilni sistem opremljen ravno tako z video sistemom. Glavna naloga robotskega sistema je izmera dveh dimenzij med sestavnimi deli protektorja in tudi določitev točke varjenja vijaka in bimetala. Da oba sistema medsebojno delujeta, je potrebno redno preverjanje in kalibriranje tako merilnega sistema kot tudi obeh sistemov med seboj. Preverjanje in kalibracija merilnega video sistema temelji na referenčnih izdelkih, katerih merjene dimenzije so bile določene z uporabo referenčnega merilnega sistema Mitutoyo PV500. Določena točka varjenja v koordinatnem sistemu kamere mora biti preračunana v točko v referenčnem koordinatnem sistemu robota. Za preračun točke varjenja smo uporabili teoretično znanje matematičnih transformacij s homogenimi transformacijskimi matrikami, ki so bile definirane z uporabo poenostavljene video-dotične kalibracijske metode. Postopek preverjanja merilne točnosti merilnega sistema in preverjanje ustreznosti preračuna varilne točke je povsem avtomatski.

V letu 2014 je bilo 4.132.176 protektorjev vstavljenih v saržer robotskega dela proizvodne linije. V povprečju 340.000 protektorjev na mesec, posledično okrog 15.000 na dan. V celotnem letu ni bilo 50.608 protektorjev ustrezno obravnavanih v robotski celici, kar znaša 1,22 % oz. 2,5 delovnega dneva. Število ustrezno izmerjenih in zavarjenih v letu 2014 je znašalo 4.072.536 protektorjev.

Poglobljena analiza podatkov iz podatkovne baze je pokazala, da je največja porazdelitev območja varjenja v X smeri 0,32 mm in 1,56 mm v smeri Y. Ti rezultati kažejo, da je potrebno prilagajati točko varjenja glede na vsak posamezen izdelek, v nasprotnem primeru vijak in bimetal nista zavarjena.

Sistem avtomatsko opravi postopke preverjanja in kalibracij v povprečju 1,5-krat na dan oziroma 34-krat na mesec. Podatki iz podatkovne baze tudi kažejo, da v večini primerov (31 od 34) ni potrebna ponovna kalibracija sistema, ampak le preverjanje merilne točnosti. Enako velja tudi za preverjanje ustreznosti transformacij za preračun točke varjenja iz koordinatnega sistema kamere v referenčni koordinatni sistem robota.

Z vpeljavo video-dotične kalibracijske metode smo odpravili oziroma kompenzirali napake kinematike robotskega mehanizma glede na idealen model, ki teče v krmilniku, odpravili smo napako kalibracije varilnega in merilnega sistema, popačenja optike in notranjih parametrov kamere. Vse te napake se izničijo z izračunom transformacijske matrike, ki opisuje lego kamere merilnega sistema glede na bazni koordinatni sistem robota in transformacijske matrike za preračun točke varjenja. Opisani sistem ima veliko praktično vrednost, kajti nameščen je v proizvodnjo in deluje v več izmenah, tudi 3, sam koncept pa se je izkazal kot zelo robusten in zanesljiv.

Key words: robotsko varjenje, video-dotična metoda, kalibracija, napaka kinematike, homogena transformacija