

IZAZOVI I MOGUĆNOSTI MERENJA U ROBOTICI, ISTORIJAT, TRENUTNO STANJE I OČEKIVANJA U BUDUĆNOSTI SA POSEBNIM OSVRTOM NA PRIMENU U INDUSTRIJI, SERVISNOJ I PERSONALNOJ ROBOTICI

Miloš Jovanović, Dragan Lazić

Ključne reči: robotika, senzor, merenje, osetljivost, senzorski sistemi, IoT

KRATAK SADRŽAJ

Robotika je naučna disciplina koja se razvija ogromnom brzinom u poslednje vreme i od koje se očekuje da u bliskoj budućnosti doživi procvat u oblasti servisne i personalne robotike. Kao disciplina u razvoju i ekspanziji, robotika prati trendove zarvoja u oblastima informacionih tehnologija, računarstvu, mehanici i senzorima posebno. Robotika se odlikuje masovnom primenom savremenih senzora kako u cilju pouzdanog i kvalitetnog rada samih robota tako i u cilju inspekcije, savladavanja prepreka, komunikaciji i realizaciji zadataka od suštinskog značaja za rad robota. Merenja u robotici stoga se odlikuju posebnim zahtevima. U radu je dat prikaz osnovnih merenja i mernih sistema kako internih veličina samih robota, tako i veličina u prostoru koji okružuju robote.

CHALLENGES AND OPPORTUNITIES IN ROBOTICS MEASUREMENT: HISTORICAL PERSPECTIVE, CURRENT STATUS, AND FUTURE EXPECTATIONS WITH A SPECIAL EMPHASIS ON APPLICATIONS IN INDUSTRIAL, SERVICE, AND PERSONAL ROBOTICS

Keywords: robotics, sensors, measurement, sensitivity, sensor systems,

ABSTRACT

Robotics is a rapidly evolving scientific discipline that is expected to flourish in the near future, particularly in the fields of service and personal robotics. As a discipline in development and expansion, robotics follows the trends of advancement in information technology, computer science, mechanics, and sensors, in particular. Robotics is characterized by the extensive use of modern sensors, both to ensure the reliable and high-quality performance of the robots themselves and for tasks such as inspection, obstacle avoidance, communication, and the execution of tasks crucial to the operation of the robot. Measurements in robotics, therefore, come with unique requirements. This paper provides an overview of basic measurements and measurement systems, covering both internal variables of the robots themselves and variables in the space surrounding the robots.

UVOD

Robotika u metrologiji (Robotics in Metrology) odnosi se na primenu robota i automatizovanih sistema za merenje i kalibraciju različitih parametara u industrijskim i istraživačkim okruženjima. Metrologija je nauka o merenju, i uvođenje robotike u ovoj naučnoj oblasti donosi brojne prednosti, uključujući povećanu preciznost, ponovljivost, brzinu i efikasnost procesa merenja. Robotika, kao naučna disciplina, karakteriše se pre svega velikom i masovnom upotrebom različitih vrsta senzora. Naime, roboti kao elektromehanički uređaji, ne mogu da funkcionišu bez sadejstva senzora odnosno senzoričke i ostalih komponenata uključujući mehaniku, računarske sisteme i slične elemente. Stoga i meteorologija kao nauka u oblasti robotike nalazi primenu kako u proizvodnji samog robota tako i u primeni robota u industriji i u ostalim integrisanim okruženjima.

METROLOŠKA PROVERA ROBOTA KAO ZASEBNE STRUKTURE

Kao što je već i pomenuto da bi robot mogao da uspešno obavlja svoje zadatke, potrebno je da bude opremljen kvalitetnim i preciznim senzorskim sistemima [1]. Ovi senzorski sistemi uključuju unutrašnje senzore koji se ugrađuju unutar samog robota radi kontrolisanja kretanja robotske ruke odnosno celokupnog robotskog sistema u samom realnom okruženju. To znači da ovi senzori moraju biti vrlo precizni i periodično proveravani, pogotovo ako je robot primenjen u posebno specifičnim zadacima kao što su medicinske primene ili savremena industrijska okruženja.

Druga vrsta senzorskih sistema podrazumeva takozvane spoljašnje senzore u robotici koji se montiraju bilo na samu robotsku strukturu, bilo na odgovarajuća mesta u okruženju robota, kojima robot dobija informacije od okoline i zahvaljujući ovim informacijama može da efikasno izvrši postavljene zadatke. To znači da i ovi senzorski sistemi, koji daju informaciju robotu i robotskim strukturama o samom okruženju, moraju biti periodično proveravani i samim tim su pod pažnjom meteorologije kao nauke.

Poseban problem prilikom periodične provere ugrađenih senzora i senzorskih sistema u robotici jeste njihova demontaža i sama provera, što znači, da ukoliko bi se provera ovih senzora vršila klasičnim putem, to bi podrazumevalo da robotska struktura mora biti demontirana, odnosno nefunkcionalna i van upotrebe jedan duži vremenski period, dok se senzori metrološki ne provere i ponovo montiraju unutar robotske strukture. To znači da se prilikom meteorološke provere senzora u robotici, mora imati poseban pristup odnosno poseban alat koji će omogućavati kvalitetnu i složenu proveru svih robotskih sistema u nekom skraćenom odnosno zadatom vremenskom periodu i na osnovu toga izdati odgovarajuće potvrde da je cela robotska struktura, odnosno ceo robot potpuno funkcionalan.

Automatizovana inspekcija i kalibracija

Automatizovana inspekcija i kalibracija podrazumeva primenu robota tokom inspekcije i kalibracije mernih instrumenata i uređaja, čime se povećava efikasnost inspekcije, smanjuje se mogućnost ljudske greške, smanjuje se vreme etaloniranja i povećava tačnost merenja. Dakle, primenom robota tokom automatizovane inspekcije i kalibracije, moguće je upotrebiti različite senzorske i merne sisteme koji putem robota i robotizovane platforme omogućavaju sofisticiranu inspekciju i kalibraciju složenih industrijskih sistema koji se sastoje iz različitih senzorskih elemenata, koje se mogu proveravati pojedinačno, u mernom lancu ili višestruko funkcionalnim ispitivanjima u objedinjenom radu. Prednost primene robota u automatizovanoj inspekciji i kalibraciji je pre svega u samoj preciznosti, zatim povećanoj funkcionalnosti i otklanjanju ljudskog faktora kao velikog izvora grešaka tokom merenja, kao i u složenoj strukturi merenja tokom inspekcije ovakvih sistema. Druga prednost, tokom ove primene, je u mogućnosti modifikacije samog robotskog sistema prilikom inspekcije različitih složenih industrijskih sistema i objekata odnosno

laka modifikacija robotske strukture tokom promene mesta ispitivanja i promene objekta ispitivanja, što podrazumeva programabilnost i modularnost, odnosno laku, jednostavnu implementaciju različitih mernih sistema tokom inspekcije, primenom i upotrebom robota.

Visoko-precizna merenja

Što se tiče visoko-preciznih merenja, prednosti robotike u ovom slučaju je očigledna, naime, visoko precizna merenja su takva merenja koja u velikom procentu isključuju čoveka, kao element merenja, iz više razloga [2]. Prvi razlog, eventualno može da bude ograničenost ljudskog elementa kao sistema odnosno kao objekta koji će merenje ostvariti, a drugi razlog leži u samom strukturi visoko preciznih merenja koja podrazumevaju, kako napredne tehnologije i tehnologije visokih čistoća, tako i tehnologije koje eventualno mogu biti opasne po čoveka i samim tim moraju de facto isključiti čoveka iz procesa merenja i etaloniranja. Dakle, u slučaju visoko preciznih merenja, kao što su merenja u fundamentalnim naučnim istraživanjima, podrazumeva se primena robota i robotskih sistema kao nezaobilaznog elementa u toku merenja.

Ponovljivost i smanjenje

Savremena meteorologija i merenja u savremenoj metrologiji, nesporno podrazumevaju ponovljivost [2]. Ponovljivost je nešto što daje snagu i direktno utiče na odluku da li je neki element ili sistem zadovoljavajućih karakteristika ili nije zadovoljavajućih karakteristika. Ponovljivost je takođe osobina koja u mnogome ograničava ljudski faktor u procesu merenja u metrologiji. Naime čovek, kao biološki sistem, je takvih karakteristika da je njegova ponovljivost vrlo ograničena vremenskim faktorom i drugim biomehaničkim karakteristikama. Tako, na primer, ponovljivost čoveka zavisi od doba dana, godišnjeg doba, vremenskih prilika, stanja ljudskog sistema, da li je umoran ili odmoran, da li je imao nekih ličnih problema, što sve utiče na ponovljivost merenja i na rezultate ponovljivosti. Primenom robotike svi ovi elementi se eliminišu te ponovljivost i samim tim efikasnost daje pun kapacitet u procesu odlučivanja da li je neki element zadovoljavajući ili nije zadovoljavajući tokom merenja.

PRIMERI I PRIMENE ROBOTIKE U MERENJIMA U METROLOGIJI I INDUSTRIJI

Primeri primena robotike u merenjima i metrologiji su mnogostruke i svakodnevne [3]. Pre svega u industriji, roboti su pronašli široku primenu, kako u merenjima tako i u savremenoj industrijskoj proizvodnji, koja je nezamisliva bez merenja. Tako, na primer, u automobilskoj industriji, roboti se koriste za inspekciju elemenata i delova kao i za merenje pojedinih komponenata motora, šasija i drugih ključnih delova. Ovim se vrši klasifikacija i osigurava usklađenost svih elemenata sa njihovim specifikacijama. Na kraju proizvodnog ciklusa, roboti takođe imaju značajnu ulogu upotrebom kamera i drugih mernoregulacionih senzorskih sistema tokom inspekcije finalnih proizvoda u donošenju odluke da li je proizvod zadovoljavajućeg kvaliteta ili nije. Takođe aero-svemirska industrija je nezamisliva bez primene robota. U ovom slučaju, roboti ne samo da vrše merenje delova aviona i drugih elemenata sa vrlo visokim zahtevima za preciznošću, već i odlučuju da li su odgovarajući elementi zadovoljavajućeg kvaliteta. Ne treba posebno naglašavati da se primenom robota u industriji proizvodnja poboljšava, produktivnost uvećava, stepen škarta smanjuje i kvalitet proizvoda značajno povećava. Samim tim i metrološka ispitivanja tokom industrijske proizvodnje su u mnogome olakšana i efikasnija.

ZAKLJUČAK

Savremena metrologija je naučna disciplina koja sve više koristi dostignuća robotike kao naučne discipline koja se razvija ogromnom brzinom u poslednje vreme. Kao disciplina u razvoju i ekspanziji, robotika prati trendove razvoja u oblastima informacionih tehnologija, računarstvu, mehanici i senzorima posebno. Robotika se odlikuje masovnom primenom savremenih senzora kako u cilju pouzdanog i kvalitetnog rada samih robota tako i u cilju inspekcije, savladavanja prepreka, komunikaciji i realizaciji zadataka od suštinskog značaja za rad robota. Merenja u robotici stoga se odlikuju posebnim zahtevima. U radu je dat prikaz primene robotike i robota u merenjima, glavne karakteristike, izazovi, mogućnosti. Kao i mesta primene kako u industriji tako i u metrologiji.

LITERATURA

- [1] G. J. Vogl, B. A. Weiss, M. Helu. (2019). "A review of diagnostic and prognostic capabilities and best practices for manufacturing." *Journal of Intelligent Manufacturing*, 30(1), 79-95. DOI: 10.1007/s10845-016-1278-2.
- [2] F. Zhao, X. Xu, L. Xie. (2020). "Robot-based on-machine metrology: recent developments and applications." *Procedia CIRP*, 93, 1167-1172. DOI: 10.1016/j.procir.2020.03.050.
- [3] L. Xie, Y. Li, S. Xiang, H. Fu. (2019). "A survey of surface measurement technologies for precision manufacturing." *Precision Engineering*, 55, 395-410. DOI: 10.1016/j.precisioneng.2018.08.011

Milos Jovanović Tehnički Opitni Centar, Bulevar Vojvode Stepe 445, 11000 Beograd,
emali: mjovanovic@raf.rs

Dragan Lazić Tehnički Opitni Centar, Bulevar Vojvode Stepe 445, 11000 Beograd, emali:
astazulazic[@gmail.com](mailto:astazulazic@gmail.com)