

Merilna negotovost pri določanju geografske lokacije oddaljenih objektov

Lovro Kuščer* – Janez Diaci

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Slovenija

Natančno določanje položaja na zemeljski površini je v sodobnem času postalo nepogrešljivo na področju transporta, geologije, kmetijstva, reševanja v nujnih primerih, pa tudi pri okoljskem nadzoru, vojaških aplikacijah in drugje. V zadnjih desetletjih je bil opazen skokovit napredek v razvoju navigacijskih sistemov in naprav, s čimer so se odprle možnosti njihove uporabe na novih področjih. Pri tem velja izpostaviti predvsem satelitske navigacijske sisteme, ki v kombinaciji s sodobnimi sprejemniki omogočajo natančno in zanesljivo določitev položaja v najrazličnejših okoljih. Vendar pa natančno poznavanje zgolj lastnega položaja v določenih primerih ne zadostuje. Pogosto želimo hitro in enostavno pridobiti informacije o položaju nekega oddaljenega objekta, ki je lahko nedostopen, nevaren ali zgolj preveč oddaljen. S takšnimi zahtevami smo pogosto soočeni zlasti na področju vojaških aplikacij, okoljskega nadzora in geologije.

Za izvedbo analize merilnih negotovosti pri določanju položaja oddaljenih objektov smo v okviru predstavljene raziskave razvili integriran merilni sistem, ki je sestavljen iz komercialno dostopnih gradnikov. Merilni sistem je prirejen za namestitvev na vozilo in vsebuje naslednje merilne naprave: laserski razdaljemer, GNSS sprejemnik/kompas in dvoosni elektronski merilnik naklona. Temu je za potrebe dokumentiranja meritev dodana še CCTV-videokamera, ki je skupaj z laserskim razdaljemerom nameščena na dvoosnem stabiliziranem vrtljivem podnožju. Merilni sistem krmili prenosni osebni računalnik z namensko razvito programsko opremo, ki vključuje tudi dostop do geografskega informacijskega sistema za takojšen prikaz izvedenih meritev na tridimenzionalnem zemljevidu.

V članku predstavljamo pristop k določanju merilnih karakteristik integriranega merilnega sistema na osnovi specifikacij proizvajalca posamezne merilne naprave ter primerjavo dobljenih rezultatov s terenskimi meritvami. Pri tem je bila ocena merilne negotovosti izmerjenega položaja pridobljena z uporabo simulacij Monte Carlo ter z zakonom o prenosu varianc in kovarianc. Na osnovi pridobljenih rezultatov so bili določeni prispevki posameznih merilnih naprav k skupni negotovosti izmerjenega položaja oddaljenega objekta. Izkazalo se je, da ima pri manjših oddaljenostih negotovost meritve razdalje največji vpliv na skupno merilno negotovost, medtem ko pri večjih razdaljah prevlada vpliv negotovosti pri meritvi azimuta.

Poleg teoretične analize na osnovi specifikacij proizvajalcev merilnih naprav je bila izvedena tudi eksperimentalna analiza merilnih karakteristik na terenu, kjer so bili uporabljeni namensko postavljeni objekti (tarče) na razdaljah do 1 km in obstoječi objekti na razdaljah do 20 km. Rezultati meritev so sicer pokazali določene razlike med izmerjenimi in specificiranimi merilnimi karakteristikami, vendar so opažena odstopanja sistematična in jih je zato mogoče odpraviti z ustreznim umerjanjem. Nadalje se je izkazalo, da največjo omejitev razvitega merilnega sistema, ki je v osnovi namenjen meritvam na večjih razdaljah, predstavlja negotovost pri merjenju azimuta. Zato smo sistemu dodali možnost umerjanja z znanimi oddaljenimi objekti, ki jih najdemo v geografskem informacijskem sistemu.

Primerjava rezultatov terenskih meritev s simulacijami je pokazala, da je z izvedbo simulacij mogoče pridobiti zadovoljivo oceno merilnih karakteristik predstavljenega integriranega sistema zgolj na osnovi specifikacij proizvajalcev posameznih merilnih naprav.

Ključne besede: lokalizacija oddaljenih objektov, merilna negotovost, simulacija Monte Carlo, laserski razdaljemer, GNSS kompas, geografski informacijski sistem