

Estimacija spremenljive proge s pomočjo nevronske mreže za adaptivni sliding-mode regulator

Suzana Uran – Riko Šafarič

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko, Slovenija

Namen prispevka je prikazati povzetek večletnih raziskav na področju razvoja adaptivnih sliding-mode regulatorjev, kjer se spremenljiva visokonelinearna regulacijska proga (neposredno gnani robotski mehanizem) estimira s pomočjo nevronske mreže. Sam cilj raziskave pa je bil načrtovati, izdelati, praktično preizkusiti in primerjati štiri tipe regulatorjev iz družine t. i. zveznih nevronske sliding-mode adaptivnih regulatorjev.

Opravljen je bil teoretični izpeljava enačb centraliziranega zveznega nevronskega sliding-mode regulatorja (CZNSMR), ki potrebuje za optimalno delovanje znane spremenljive parametre matrike vztrajnostnih momentov robota in eno samo veliko nevronske mreže, ki estimira manjkajoči del dinamike robota. Nato smo izpeljali tri enačbe vodenja decentraliziranega zveznega nevronskega sliding-mode regulatorja (DZNSMR) za vsako posamezno os, ki se od predhodnega regulatorja razlikuje po tem, da potrebuje za optimalno delovanje samo povprečne vrednosti parametrov vztrajnostnih momentov posameznih osi robota in tri majhne nevronske mreže za estimacijo dinamike sklopljenosti preostalih osi robota z enačbo zakona vodenja posamezne osi. Obe dodatno izpeljani metodi poenostavljenega centraliziranega in decentraliziranega zveznega nevronskega sliding-mode regulatorja (PCZNSMR in PDZNSMR), pa ne uporabljata nobenega znanja o dinamiki robotskega mehanizma, torej ena sama (PCZNSMR) oz. tri nevronske mreže (PDZNSMR) estimirajo celotno dinamiko robota.

Po izdelavi vseh štirih metod zakona vodenja smo posamezne metode preizkusili glede na enake motnje nenadne spremembe bremena na vrhu robota. Po primerjavi in analizi smo prišli do naslednjih rezultatov: zakon vodenja CZNSMR najhitreje odpravi tako dinamične kot statične motnje, čeprav je metoda DZNSMR povsem enakovredna pri odzivih na nenadne spremembe bremena na vrhu robota, zgolj v podrobnosti hitrosti odpravljanja dinamične motnje znanega giba robota pa se je metoda CZNSMR izkazala za malenkost hitrejšo. Obe poenostavljeni metodi sta imeli slabše rezultate pri zgoraj omenjenih motnjah, predvsem metoda PDZNSMR je bila z ozirom na velikost dinamičnega in statičnega pogreška približno dvakrat slabša od najboljše metode CZNSMR. Čeprav je imela metoda PCZNSMR bistveno počasnejšo fazo učenja, pa je bila na koncu po nekaj ciklih motenj in s tem učenja povsem enakovredna glede statičnih in dinamičnih pogreškov pri predstavljenih motnjah. To je zanimiv praktičen rezultat, saj nam za metodo PCZNSMR ni treba vedeti ničesar o dinamiki robotskega sistema, potrebuje le nekaj deset sekund časa za učenje, ko se motnja pojavi prvič, pozneje pa je povsem enakovredna najboljši metodi CZNSMR.

Sama raziskava in preizkusi so bili izvedeni na realnem robotskem mehanizmu, vendar v laboratoriju, ki je, če se izrazimo poetično, v primerjavi z realnim industrijskim okoljem dokaj sterilno (ima bistveno manj motenj). Zato bi bilo zanimivo vsaj tri od štirih obravnavanih metod preizkusiti tudi v industrijskem okolju ter analizirati hitrost učenja ter velikost dinamičnih in statičnih pogreškov.

Vse štiri opisane izpeljane različice zakona vodenja so izvirne s teoretičnega vidika, podamo pa lahko tudi že znano splošno ugotovitev, da lahko struktura, velikost in število nevronske mreže v zakonu vodenja bistveno vplivajo na kakovost regulacijske adaptivne metode. Seveda je problem poiskati ustrezno strukturo nevronske mreže, za katero se predvideva, da bi lahko bila drugačna od uporabljenih v laboratoriju in bi ustrezala spremenjenim industrijskim pogojem uporabe takšnega regulatorja, kar je tudi izziv za nadaljnji aplikativni razvoj v industrijskih razvojnih centrih robotike.

Ključne besede: nevronska mreža, adaptivno vodenje položaja robota, sliding-mode