

Одлуком Истраживачко-стручног већа Машинског факултета у Београду бр. 118/1 од 22.04.2010. године именовани смо за рецензенте новог техничког решења под називом „**BPnet V1.0**” – апликациони софтвер базиран на *Back-Propagation* вештачкој неуронској мрежи аутора: проф. др Зоран Миљковић, мр Иван Лазаревић, дипл.инж.маш. и проф. др Бојан Бабић. На основу предлога техничког решења и након анализе подносимо следећи:

ИЗВЕШТАЈ

Техничко решење „**BPnet V1.0**” – апликациони софтвер базиран на *Back-Propagation* вештачкој неуронској мрежи представљено је на 10 страница А4 формата, коришћењем Times New Roman фонта величине 11 pt, једноструког проредка. Опис техничког решења садржи 11 једначина и дванаест слика, представљених у следећих пет тематских целина, уз списак коришћене литературе:

1. Област на коју се техничко решење односи,
2. Технички проблем,
3. Формирање вишеслојних неуронских мрежа - постојеће стање у свету,
4. Суштина техничког решења - примена и приказ софтвера „**BPnet V1.0**”,
5. Закључак.

Развијени софтвер припада области машинства и индустријског софтвера и директно се односи на развој и примену вештачке интелигенције (Листа ИП елемената у области развоја софтвера под бр. (7) - вештачка интелигенција; Извор: *Frascati Manual*, OECD), тачније „*backpropagation*” вештачке неуронске мреже, у домену решавања проблема сензорско-моторне координације робота у технолошком окружењу, предикције квалитета обрађених површина и интелигентног надзора технолошких постројења, па се стога може уврстити у напредне производне технологије. Проблеми сензорско-моторне координације робота, тј. одређивања положаја енд-ефектора руке робота у односу на објекат у технолошком окружењу, представљају полазиште за развој интелигентних робота аутономних у погледу континуалног људског надзора, а који у оквиру технолошког окружења могу бити примењени за потребе манипулације деловима, монтаже и сл. У опису техничког решења наглашено је и то да је, с обзиром да се естимација положаја енд-ефектора обавља у реалном времену, било неопходно да се развије одговарајући софтвер за примену вештачких неуронских мрежа у функцији успостављања сложених неуронских модела сензорско-моторне координације руке робота. Остварене су успешне примене развијеног софтвера и у домену интелигентних система надзора у области филтрације воде за пиће, затим технолошког препознавања типских технолошких форми машинских делова, као и за предикцију квалитета обрађених површина.

У другом поглављу предлога указано је на то да управљачка стратегија аутономног робота са визуелним сензором-камером подразумева такво процесирање нумеричких података да се информације од система препознавања, уз машинско учење робота преко вештачких неуронских мрежа, користе за остваривање жељеног позиционирања и оријентације енд-ефектора у односу на препознати и идентификовани објекат-радни предмет. Са друге стране, наглашено је да су релације између података о објекту добијених од система препознавања базираног на камери и углова ротације у зглобовима робота вертикалне зглобне конфигурације, за жељено позиционирање и оријентацију енд-ефектора, изразито нелинеарног карактера. Уз кратке теоријске основе везане за настајање вишеслојних неуронских мрежа, дат је принцип рада и основне карактеристике.

У наставку приказа новог техничког решења уведени су математички модели полазних проблема, уграђени у алгоритам и програмски код развијеног софтвера **BPnet V1.0**, при чему је показан ефикасан начин одређивања градијента функције циља у односу на улазни вектор – тзв. „*backpropagation*” (BP) поступак. Речено је и посебно истакнуто да је овај начин одређивања градијента функције циља базиран на примени правила одређивања извода сложене функције. Наглашено је и то да простирање грешке уназад (познатије као „*backpropagation*”) није суштински алгоритам обучавања, што се може видети и из датих једнакости, зато што се приликом примене одговарајућег израза не одређују тежински односи већ искључиво градијент функције циља, што значи да када би се одредили тежински коефицијенти (односи) неопходно би било применити градијентни поступак у коме ће се преко „*backpropagation*” алгоритма израчунавати градијент функције циља.

У трећем поглављу указано је на то да се вештачке неуронске мреже састоје од елемената за процесирање података (информација)/сигнала груписаних у слојеве, као и то да у начелу, постоје

четири фазе у стварању вештачке неуронске мреже. Наводи се и да оптималан број неурона у скривеним слојевима зависи од много фактора, броја улаза и излаза, броја обучавајућих парова, величине шума у обучавајућим паровима, сложености функције грешке, архитектуре мреже и алгоритма обучавања, а затим су дати и предлози за његово одређивање. Приказани метод за формирање мреже најчешће се зове „*backpropagation*” правило учења, односно генерализано делта правило за нелинеарну активациону функцију и вишеслојне неуронске мреже. Речено је и то да је ово решење било предложено још 1974. године од стране Paul Werbos-а и да је тај метод подешавања тежинских односа у мрежи он тада назвао „*backpropagation* - простирање уназад”.

Четврто поглавље даје опис суштине техничког решења, односно развоја софтвера **BPnet V1.0**, уз приказ разлога за његову примену у домену сензорско-моторне координације енд-ефектора руке робота. Детаљно је дат опис развијеног експерименталног система робота MITSUBISHI-MOVEMASTER-EX, са јасно дефинисаним учешћем предметног техничког решења - новог софтвера **BPnet V1.0**. У наставку овог поглавља приказан је предметни софтвер сопственог развоја аутора који је проблемски оријентисан, а остварен је програмирањем у *Visual Basic*[®]-у. Константовано је на самом крају четвртог поглавља, да је овај софтвер практично намењен било којој апликацији која има потребу за коришћењем резултата обучавања BP вештачке неуронске мреже, као и то да се уложени труд на вишегодишњем усавршавању софтвера „*BPnet*” може валоризовати кроз широки спектар досадашње, а и будуће мултидисциплинарне примене.

На крају, у закључку предлога техничког решења, констатовано је да спроведени развој софтвера **BPnet V1.0** за машинско учење интелигентних система је имао за циљ да се омогући једноставније, као и ефикасније тестирање нових неуронских модела за многе корисне примене, обезбеђујући естимацију тражених излазних величина, након чега корисник може упоредити перформансе интелигентног система за задате почетне услове и извршити анализу резултата учења.

На крају овог извештаја, посебно је истакнута примена развијеног софтвера **BPnet V1.0** у образовне сврхе, као помоћног наставног средства за извођење лабораторијских вежби, на свим нивоима академских студија *Модула за производно машинство* Машинског факултета у Београду.

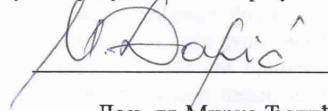
У складу са анализом предлога техничког решења, као именовани рецензенти дајемо следеће

ЕКСПЕРТСКО МИШЉЕЊЕ

Аутори новог техничког решења - софтвера (M85) под називом „**BPnet V1.0**” – **апликациони софтвер базиран на *Back-Propagation* вештачкој неуронској мрежи** су на јасан начин описали основне теоријске концепте проблема сензорско-моторне координације руке робота и машинског учења базираног на примени неуронских модела коришћењем софтвера **BPnet V1.0**. Примена развијеног софтвера омогућава рад робота у реалном времену, уз остваривање потребе естимације положаја енд-ефектора руке робота у односу на препознати објекат у технолошком окружењу. Остварени резултати указују на то да постоји јасан допринос постојећем стању и да примена новог софтвера омогућава једноставан и ефикасан начин развоја и тестирања неуронских модела и њихове широке примене код интелигентних система. На основу увида у предлог и остварене резултате предлажемо Истраживачко-стручном већу Машинског факултета у Београду да се техничко решење (Софтвер-M85) под називом „**BPnet V1.0**” – **апликациони софтвер базиран на *Back-Propagation* вештачкој неуронској мрежи** прихвати као ново техничко решење.



Доц. др Драган Александрић
Универзитет у Београду-Машински факултет



Доц. др Мирко Тапић
Универзитет у Крагујевцу-
Машински факултет у Краљеву