



Laboratory for
information systems

Rudjer Boskovic Institute, Croatia

z-Projekt: Postupci računalne inteligencije u mjernim sustavima

Ivan Marić

18.11.2009



Suradnici na projektu

- ▣ Ivan Marić, voditelj projekta
- ▣ Dragan Gamberger
- ▣ Tomislav Šmuc
- ▣ Ivan Ivek, znanstveni novak od 1.3.2008.



Svrha i ciljevi projekta

- ❑ Razvoj i primjena metoda računalne inteligencije u mjernim sustavima
- ❑ Istraživanje posljedica modeliranja mjernih procedura i algoritama na mjernu nesigurnost i kompleksnost (vrijeme izvođenja)
- ❑ Povećanje točnosti i pouzdanosti mjernih sustava
- ❑ Primjena rezultata istraživanja



Plan istraživanja

I godina (2007.):

- Razvoj pojednostavnjenih modela višedimenzionalnih sustava korištenjem tradicionalnih postupaka za smanjenje dimenzionalnosti te tehnika strojnog učenja u kombinaciji s ekspertnim znanjem iz područja primjene.
- Koristeći uzorke za učenje i testiranje razviti jednostavne modele višedimenzionalnih funkcija i podataka.

I godina (2007.):

- Mjerenje protoka fluida
 - Razvoj analitičkih postupaka za proračun svojstava fluida
 - Generiranje podataka za učenje i testiranje
- Nuklearno inženjerstvo (suradnja s grupom prof. Peveca, FER)
 - Procjena faktora nakupljanja gama zračenja u višeslojnim štitnicima (kompleksan problem – različiti materijali)
 - Rekurzivna procedura (regresija SV, nelinearno modeliranje, kvadratični optimizacijski problem)
 - Novi koncept: Robusni regresijski model povezan s rekurzivnom formulacijom problema
- Započet razvoj GMDH sustava

■ 2 rada u CC časopisima

- I. Marić, A procedure for the calculation of the natural gas molar heat capacity, the isentropic exponent, and the Joule-Thomson coefficient, *Flow Measurement and Instrumentation*, Volume 18/1., March 2007, 18-26
- Trontl, K.; Šmuc, T.; Pevec, D. Support vector regression model for the estimation of γ -ray buildup factors for multi-layer shields, *Annals of Nuclear Energy*. 34 (2007), 12; 939-952

■ 1 rad na konferenciji

- Trontl, K.; Pevec, D.; Šmuc, T. Machine Learning of the Reactor Core Loading Pattern Critical Parameters, *Proceedings of the International Conference Nuclear Energy for New Europe 2007*. Ljubljana, Slovenia: Nuclear Society of Slovenia, 2007. 113.1-113.10



Plan istraživanja

II godina (2008.):

- Pronalaženje zamjenskih modela niske računalne kompleksnosti koji aproksimiraju složene procedure sa zadovoljavajućom točnošću
- Generiranje modela u obliku prikladnom za programsku implementaciju
- Razvoj praktičnih modela složenih mjernih podataka i funkcija koristeći tehnike strojnog učenja i računalne inteligencije

II godina (2008.):

- Nuklearno inženjerstvo (suradnja s grupom prof. Peveca, FER)
 - Aproksimacija kritičnih sigurnosnih parametara reaktorske jezgre
 - Metoda: SVR
 - Struktura ulaznog vektora
 - Utjecaj SVR parametara (opt. shema rasporeda goriva u reaktorskoj jezgri)
- Analiza vremenskih serija (suradnja s prof. Bogunovićem, FER)
 - Automatska klasifikacija EKG signala mobilnim računalom
 - Postupak kvalitativne diskretizacije signala (definiranje trenda stanja)
 - Rezultat: kompaktna simbolička reprezentacija vremenske serije
- Razvoj GMDH sustava
 - Ugradnja poznatih metrika (SSE, RSE, RAE, MDL)
 - Vizualizacija i zapis GMDH modela u rekurzivnom obliku

■ 1 rad u časopisu

- Trontl, K.; Šmuc, T.; Pevec, D. Machine learning of the reactor core loading pattern critical parameters, *Science and Technology of Nuclear Installations*, (2008) , 695153-1-695153-7

■ 2 rada na konferenciji

- Bogunović, Nikola; Šmuc, Tomislav.
Applicability of Qualitative ECG Processing to Wearable Computing // *Proceedings of the 5th International Workshop and Symposium on Wearable and Implantable Body Sensor Networks / Zhang, Yuan-ting (ur.)*. Hong Kong : IEEE, 2008. 133-136
- Trontl, K.; Pevec, D.; Šmuc, T. On Input Vector Representation for the SVR Model of Reactor Core Loading Pattern Critical Parameters // *7th International Conference on Nuclear Option in Countries with Small and Medium Electricity Grids - Conference Proceedings / Čavlina, Nikola ; Pevec, Dubravko ; Bajš, Tomislav (ur.)*. Zagreb : Croatian Nuclear Society, 2008. S-06.90-1-S-06.90-10

III godina (2009):

- Razvoj surogatnih modela složenih mjernih procedura u području mjerenja protoka fluida
 - Skraćenje vremena računanja
 - Očuvanje visoke točnosti
- Usporedba modela generiranih tehnikama strojnog učenja i računalne inteligencije (GMDH, SVR, ANN)
 - Pogreška aproksimacije
 - Kompleksnost
- Razvoj naprednih instrumenata i mjernih procedura primjenjivih u raspodijeljenim mjernim sustavima.

III godina (2009.):

- Područje mjerenja protoka
 - Meta-modeliranje procedure za korekciju protoka
 - Optimalni GMDH model (različite metrike)
 - Točnost aproksimacije
 - Računalna kompleksnost
 - Meta-modeliranje fizikalnih svojstava plina
 - Komparacija GMDH, ANN (MLP) i SVR modela
 - Točnost aproksimacije
 - Računalna kompleksnost

■ 2 CC rada u postupku recenzije

- I. Marić, I. Ivek, Self-Organizing Polynomial Networks for Time-Constrained Applications, *IEEE Transactions on Industrial Electronics*. (**Minor revision**)
- I. Marić, I. Ivek, Compensation for Joule-Thomson effect in flowrate measurements by GMDH polynomial, *Flow Measurement and Instrumentation*. (**Minor revision**)
- Dvoparametarska mjera s težinskim koeficijentom za selekciju optimalnog GMDH modela po točnosti i kompleksnosti:

$$E_{CE} = c_w (E_{rrs} / E_{rrs0})^2 + (1 - c_w) (T_{exe} / T_{exe0})^2$$



Programske implementacije

- Implementacija GMDH sustava na PC računalu (MS Visual Studio):
 - Generiranje višedimenzionalnih modela iz mjernih podataka
 - Meta-modeliranje (generiranje jednostanih surogata kompleksnih modela)
 - Generiranje modela po kriterijima najmanje pogreške (SSE, RSE, RAE)
 - Generiranje modela minimalne duljine zapisa (MDL)
 - Generiranje modela prihvatljive točnosti i ograničene računalne kompleksnosti
CE mjera: $E_{CE} = c_w (E_{rrs} / E_{rrs0})^2 + (1 - c_w) (T_{exe} / T_{exe0})^2$
 - Zapis modela u rekurzivnom obliku
 - Vizualizacija modela:
 - Polinomsko stablo
 - Pogreška aproksimacije i kompleksnost modela
 - Korelacije

- 'Open source' implementacija: GMDH algoritmi za Weka-u, paket za strojno učenje

■ INA Sponzor

- Marić, I.: Međunarodne norme za mjerenje protoka – aktivni mrežni objekti (2007/12)

■ Informatički projekti (MZOŠ)

- Ivek, I.: **GMDH algoritmi za Weka-u, paket za strojno učenje (2008/05)**
- Marić, I.: ILP - Internet laboratorij za protok (2008/05)



Hvala na pozornosti!