

Szakmai Beszámoló

A bizonytalanság modellezése és identifikációja komplex intelligens rendszerekben

OTKA K-106392

A kutatás elsődleges célkitűzése a bizonytalanság kezelésére szolgáló eszközök komplex intelligens rendszerekben való alkalmazhatóságának vizsgálata volt. Vizsgáltuk továbbá a bizonytalanság hatékony reprezentálásának a lehetőségeit, különös tekintettel az rendszermodellezésre és irányításra. A bizonytalanság alatt ebben az esetben a rendszer modellezéséhez szükséges információ hiányát értjük, nem pedig a rendszer viselkedésének sztochasztikus természetét, azaz a rendszermodell kvalitatív értelemben teljes, de paramétereinek pontos értékét nem ismerjük vagy egyáltalán nem rendelkezünk azokkal.

A munkánk arra irányult, hogy előmozdítsuk a különböző bizonytalanságkezelő eljárások mélyebb megértését és használatát bonyolult intelligens rendszerekben. Ezt a célt egy három pilléren nyugvó szisztematikus kutatási terv megvalósításával értük el. Az első pillér a bizonytalanság alapvető aspektusainak vizsgálata, ahol tisztáztuk és alátámasztottuk későbbi választásunkat, amelynek értelmében főleg a nem véletlen jellegű (fuzzy) bizonytalansággal foglalkoztunk, másrészt pedig új eszközöket fejlesztettünk ki a valószínűségi és a fuzzy bizonytalanságok szimultán kezelésére, a későbbi alkalmazások szem előtt tartásával. Programunk másik két pillére a fuzzy bizonytalanság logikai, illetve analitikai megközelítései voltak. Mindkét esetben azonos jellegű problémákat vizsgáltunk egymással párhuzamosan: a (logikai/aritmetikai) műveletek szigorú elméleti vizsgálata; ilyen operátorok alkalmazhatósága irányítási problémákban a következtetéseken, közelítéseken és szimuláción keresztül; az általános irányítási módszerek alkalmazhatósága speciális problémaosztályokra (mint például robotok vagy képfeldolgozás).

A pályázatban a következő kutatási területekkel foglalkoztunk: (i) aritmetikai operációk a pontatlanul rendelkezésre álló információt reprezentáló fuzzy számokon; (ii) a többdimen-

ziós adatok és rendszerek reprezentálási problémái, ahol a rendszerek esetében a dekompozíciós módszer segítségével redukálni tudtuk a komplexitásukat, vagy az adatok esetében meg tudtuk növelni az adatfeldolgozás hatékonyságát; (iii) Mamdani-típusú fuzzy következtetési rendszerek, amelyekben olyan módosításokat hajtottunk végre, hogy csökkenteni tudtuk a kiértékelés folyamat komplexitását (iv) neurális fuzzy rendszerek az élettani folyamatok kockázatelemzésére, ahol egy új modellt javasoltunk a sport és a fizikai tevékenységek kockázatának a kiértékelésére, (v) uninormák konstrukciós módszereivel, ha adott a trianuláris norma illetve a trianguláris konorma.

A fentiek alátámasztására röviden ismertetem az OTKA pályázat keretében megjelent főbb publikációinkat.

- József Klespitz, Márta Takács, Imre Rudas, Levente Kovács, Performance of Soft Computing Controllers in Hemodialysis Machines, *International Journal of Fuzzy Systems*, 17(2015), Issue 3, pp 414-422. doi: 10.1007/s40815-015-0056-x

Abstract

Hemodialysis machines have an important role in the support and maintenance of life functions, wherein the strict control of peristaltic pumps is a serious need. The current paper targets to present soft computing methods, which can be applied for the peristaltic pumpcontrol problem, demonstrating their applicability on real systems as well. The performances of these controllers are compared with those of the classical PID controller, in order to highlight the advantages and applicability of these modern control strategies over classical controllers. An adaptive fuzzy-logic system and an adaptive neuro-fuzzy inference system were designed to fulfill the proposed control criteria. The requirements for the sought controller were formulated in three aspects: to be fast, to eliminate the residual error, and to be insensitive to disturbances. The designed controllers were compared and the one demonstrating the best performance has been tested on a real system as well.

A cikkben egy ANFIS (Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System) architektúrát javasoltunk a perisztaltikus pumpa vezérlésére a hemodialízisben.

- András Rövid, László Szeidl, Péter Várlaki, Integral Operators in Relation to the HOSVD-Based Canonical Form, *Asian Journal of Control*, Special Issue: Tensor Product (TP) Model Transformation-Based Control System Design, Volume 17, Issue 2, pages 459-466, March 2015. doi: 10.1002/asjc.1017

Abstract

This paper describes the relation of the higher order singular value decomposition (HOSVD) based canonical form to the Hilbert-Schmidt type integral operators. This connection between the canonical form of $f(x)$ and the integral operators determined by function $f(x)$ is important; on the one hand it gives a new aspect for the consideration of LPV models, and on the other hand it allows for the approximation of eigenfunctions and integral operators based on a numerical reconstruction of the canonical form.

A cikkben a HOSVD (Higher Order Singular Value Decomposition) viszonyát jellemeztük a Hilbert-Schmidt típusú integrál operátorokhoz.

- Lucian Coroianu, Robert Fullér, On Multiplication of Interactive Fuzzy Numbers, Proceedings of the IEEE 11th International Symposium on Intelligent Systems and Informatics September 26-28, 2013, Szabadka, pp. 181-185, 2013. doi: 10.1109/SISY.2013.6662566

Abstract

In this paper we consider the extended product of two positive interactive fuzzy numbers and will give sufficient and necessary conditions for the equality of their interactive and non-interactive products.

A cikkben arra adtunk szükséges és elégséges feltételeket, hogy két fuzzy szám interaktív és nem interaktív szorzata mikor egyezik meg.

• **Abstract**

Lucian Coroianu, Robert Fullér, On Additivity of the Weighted Possibilistic Mean Operator, Proceedings of the 14th IEEE International Symposium on Computational Intelligence and Informatics, November 19-21, Budapest, pp. 303-308, 2013. doi: 10.1109/CINTI.2013.6705211

In this paper we study the problem of additivity property of the weighted possibilistic mean operator for interactive fuzzy numbers. We will show that the weighted possibilistic mean operator is additive on the set of symmetric fuzzy numbers if their joint possibility distribution is defined by a t-norm. We will also show some results for general joint-possibility-distribution-based additions of fuzzy numbers of symmetrical opposite sides.

A cikkben súlyozott lehetőségi várható érték additivására adtunk feltételeket.

- Gang Li, Hua-Wen Liu, János Fodor: On Weakly Smooth Uninorms on Finite Chain, INTERNATIONAL JOURNAL OF INTELLIGENT SYSTEMS, vol. 30, pp. 421-440, 2015. doi: 10.1002/int.21694

Abstract

In this paper, we characterize all weakly smooth uninorms (i.e., uninorms with smooth underlying operators) defined on a finite chain. It is proved that any such uninorm is determined by three unary functions and vice versa. As a by-product, we obtain the characterizations of smooth t-norms, smooth t-conorms through additive generators and show that on a finite chain, there exists no counterpart of the class of uninorms continuous in $[0, 1]^2$.

A cikkben a gyengén sima uninormák egy karakterizációját adtuk meg véges alaptér esetén.

- Edit Tóth-Laufer, Márta Takács, Imre J. Rudas, Fuzzy Logic-based Risk Assessment Framework to Evaluate Physiological Parameters, Acta Polytechnica Hungarica, vol. 12, number 2, pp. 159-178, 2015.

Abstract

Nowadays the patient monitoring systems are more and more widely used due to the advances in the technical background. These systems can improve the quality of life and by using them, several complications can be avoided in emergency situations. Nevertheless, the proper evaluation of the measured factors is a highly problematic task. The medicine uses a number of parameters, which are difficult to quantify, the boundaries of the examined risk factors cannot be given in a general form, the realistic result is only available from personalized thresholds. For these reasons, user-specific evaluation is required as much as possible, which uses individual characteristics, also the living conditions, habits and the medical recommendations taken into account during the risk calculation. In addition, the complex interactions between the input factors, which are often opaque, can be better handled in a patient-specific way based on the medical history of the patient or previous measurements. We developed a risk assessment framework to meet the above mentioned requirements. This system is flexible with a high degree of adaptive capacity. For the sake of

ease of extensibility, and in order to achieve transparency, a generalized, modular system structure is implemented, which is joined with a database to specify the parameters of the configurable subsystems.

A cikkben egy új fuzzy logikán alapuló modellt javasoltunk a sport és a fizikai tevékenységek kockázatának a kiértékelésére.

- Rudas IJ, Fodor J, Pap E, Information aggregation in intelligent systems: An application oriented approach, KNOWLEDGE-BASED SYSTEMS 38: pp. 3-13, 2013. doi:10.1016/j.knosys.2012.07.025

Abstract

This paper offers a comprehensive study of information aggregation in intelligent systems prompted by common engineering interest. After a motivating introduction we consider aggregation functions and their fundamental properties as a basis for further development. Four main classes of aggregation functions are identified, and important subclasses are described and characterized as prototypes. For practical purposes, we outline two procedures to identify aggregation function that fits best to empirical data. Finally, we briefly recall some applications of aggregation functions in decision making, utility theory, fuzzy inference systems, multisensor data fusion, image processing, and their hardware implementation.

A cikkben két új módszert mutattunk be az információ aggregálására az intelligens rendszerekben.

Az intelligens rendszerekben nagy kihívást jelent a pontatlan, bizonytalan illetve nem teljes mértékben rendelkezésre álló információk feldolgozása és aggregálása. Ilyen területek például a robotika (ahol a feldolgozandó adatokat szenzorok szolgáltatják), látás (például képek fúziója), tudásbázis alapú rendszerek (például többkritériumú döntéshozatal, különböző típusú információk integálása, és a tudásbázis alapú rendszerek verifikálása). A másik fontos terület a szakértői becslésekből származó pontatlan adatok reprezentálása. Kutatásaink arra irányultak, hogy előmozdítsuk a különböző bizonytalanságkezelő eljárások mélyebb megértését és használatát bonyolult intelligens rendszerekben.

Budapest, 2015 szeptember 30.

Fullér Róbert
Témavezető