

Lesław GNIEWEK

POLITECHNIKA RZESZOWSKA, KATEDRA INFORMATYKI I AUTOMATYKI

Rozmyta interpretowana sieć Petriego jako układ sterowania

Dr inż. Lesław GNIEWEK

Absolwent Wydziału Elektrycznego Politechniki Rzeszowskiej (specjalność automatyka i metrologia). Od 1991 r. zatrudniony w Politechnice Rzeszowskiej. W 1999 r. uzyskał stopień doktora nauk technicznych na Wydziale Informatyki i Zarządzania Politechniki Wrocławskiej. Obecnie adiunkt w Politechnice Rzeszowskiej w Katedrze Informatyki i Automatyki. Jego publikacje dotyczą projektowania sprzętu cyfrowego, logiki rozmytej, sieci Petriego i programowalnych sterowników logicznych.



e-mail: lgniewek@prz-rzeszow.pl

Streszczenie

W pracy przedstawiono nową koncepcję rozmytej interpretowanej sieci Petriego. Podano podstawowe definicje opisujące jej budowę i działanie. Zaprezentowano graficzną i algebraiczną reprezentację sieci. Zamieszczono przykład obrazujący wykorzystanie rozmytej interpretowanej sieci Petriego do monitorowania i sterowania stacji przeładunkowej materiału sypkiego. Zaproponowana sieć jako układ sterowania umożliwia uwzględnienie zarówno sygnałów analogowych, jak i binarnych oraz pozwala na ilościowe modelowanie zasobów.

Słowa kluczowe: logika rozmyta, modelowanie, sieci Petriego, układy sterowania.

Fuzzy interpreted Petri net as a control system

Abstract

The paper presents a new concept of the fuzzy interpreted Petri net which is an extension of the net suggested in [3, 4]. It combines the advantages of the interpreted Petri nets applied to programming logic controllers (Grafcet, SFC) and the fuzzy Petri nets whose functioning based on multivalued logic allows using analog signals. There are also given the fundamental definitions describing construction and functioning of the fuzzy interpreted Petri net. Two types of places have been introduced. The places which can store only one fuzzy token are associated with control signals. The places which can store a larger number of tokens are meant for monitoring resource and their application. The weights attributed to arcs allow moving the groups of tokens. This allows monitoring the position of not only single elements but also multielement portions of material. The paper defines the algebraic representation of the net which can be used in the analysis of its some properties. There is also shown an example presenting the application of the fuzzy interpreted Petri net to monitoring and control of loading a loose material at a loading station. On the basis of this example, the algebraic and graphic representation of the net has been worked out. This way the possibility of using the fuzzy interpreted Petri net as a control system for both analog and binary signals has been shown.

Keywords: fuzzy logic, modelling, Petri nets, control systems.

1. Wstęp

Jednym z obszarów zastosowań interpretowanych sieci Petriego jest programowanie sterowników PLC, służących do sterowania sekwencyjnego w systemach produkcyjnych, co zostało najpierw sformalizowane w formie standardu Grafcet, a później jako Sekwencyjny Diagram Funkcyjny (SFC). Sieci te doczekały się również implementacji sprzętowej z wykorzystaniem struktur FPGA. Na przykład w [1] zaproponowano wykorzystanie sieci opisanej w [2] jako formalnego modelu użytego przy projektowaniu sprzętowych sterowników opartych na technologii FPGA.

W [3, 4] zaproponowano rozmytą sieć Petriego, w której (podobnie jak w interpretowanych sieciach Petriego) odpalenie tranzycji synchronizowane jest zdarzeniami zewnętrznymi, miejsca związane są z pewnymi działaniami, a zmiana rozkładu znaczników odpowiada zmianom zachodzącym w modelowanym syste-

mie. W sieci tej rolę rozmytych znaczników pełnią liczby z przedziału $[0,1]$, co umożliwia uwzględnienie dokładniejszej informacji o stanie systemu (pochodzącej np. z czujników analogowych). W [5] pokazano efekty programowej implementacji tej sieci w sterownikach PLC, a w [6, 7] jej sprzętową realizację za pomocą struktur FPGA. Sieć ta posiada jednak znaczne ograniczenia w postaci jednostkowej pojemności miejsc i jednostkowej przepustowości łuków.

W dalszej części pracy zostaną przedstawione formalne podstawy rozmytej interpretowanej sieci Petriego, która jest pewnym rozszerzeniem sieci opisanej w [3, 4]. Sieć ta umożliwiać będzie przemieszczanie grupy rozmytych znaczników poprzez przypisanie wag do łuków oraz przechowywanie większej liczby znaczników w miejscach. Przedstawiony będzie również przykład obrazujący działanie tej sieci jako układu sterowania stacji przeładunkowej materiału sypkiego. W ten sposób rozszerzona zostanie możliwość wykorzystania sieci Petriego w układach sterowania i monitorowania.

2. Rozmyta interpretowana sieć Petriego

W tym rozdziale podane zostaną formalne podstawy nowej koncepcji sieci.

Definicja 1

Rozmytą interpretowaną sieć Petriego jest jedenastką:

$$FIPN = (P, T, D, G, R, \Delta, K, W, \Gamma, \Theta, M_0), \quad (1)$$

gdzie: $P = P' \cup P''$ - zbiór miejsc; $P' = \{p'_1, p'_2, \dots, p'_a\}$ - zbiór miejsc związanych z modelowaniem działań lub procesów; $P'' = \{p''_1, p''_2, \dots, p''_b\}$ - zbiór miejsc związanych z modelowaniem zasobów; $T = \{t_1, \dots, t_s\}$ - niepusty, skończony zbiór tranzycji; $D = \{d_1, \dots, d_r\}$ - niepusty, skończony zbiór stwierdzeń czy działań; $G = \{g_1, \dots, g_s\}$ - niepusty, skończony zbiór warunków; P, T, D, G - zbiory parami rozłączne; $R \subseteq (P \times T) \cup (T \times P)$ - relacja incydencji, która dla każdej tranzycji $t_i \in T$, $i = 1, 2, \dots, s$, spełnia następujące warunki: $((p'', t_i) \in R \Rightarrow (t_i, p'') \notin R)$ i $((t_i, p'') \in R \Rightarrow (p'', t_i) \notin R)$; $\Delta: P \rightarrow D$ - funkcja przypisująca każdemu miejscu stwierdzenie czy działanie; $K: P' \rightarrow \mathbb{N} \cup \{0\}$ - funkcja przypisująca każdemu miejscu pojemność, gdzie $\mathbb{N} = \{1, 2, \dots\}$; $\Gamma: T \rightarrow G$ - funkcja przypisująca każdej tranzycji warunek; $\Theta: T \rightarrow [0, 1]$ - funkcja określająca stopień spełnienia warunków związanych z tranzycjami t ; $W: R \rightarrow \mathbb{N}$ - funkcja wagowa spełniająca dwa warunki: $W(p, t) \leq K(p)$ i $W(t, p) \leq K(p)$ (w skrócie p oznacza p' lub p''); $M_0: P \rightarrow \frac{z}{K}$, gdzie $z \in \mathbb{N} \cup \{0\}$ i $z \leq K$ - funkcja znakowania początkowego.

Aby nie zatracić przejrzystej interpretacji przemieszczania rozmytych znaczników, w definicji sieci zapisano, że w chwili początkowej w miejscach p' znaczniki są „nierozmyte” („są w stopniu 1” lub „są w stopniu 0”), a znaczniki w miejscach p'' są wielokrotnością przypisanego im współczynnika normalizacji $1/K$ lub zerem. Ponadto założono, że miejsca $p'' \in P''$ nie mogą sąsiadować ze sobą, tzn. jeżeli miejsce p'' jest miejscem wejściowym tranzycji t , to żadne miejsce wyjściowe tej tranzycji nie może być miejscem typu p'' . Analogicznie, jeżeli miejsce $p'' \in P''$ jest miej-

scem wyjściowym tranzycja t , to żadne miejsce wejściowe tej tranzycji nie może być miejsce tego typu.

Dynamika sieci

Koncesję na uaktywnienie tranzycji otrzymuje w zależności od wartości znakowania jej miejsc wejściowych i wyjściowych.

Definicja 2

Tranzycja $t \in T$ jest przygotowana do uaktywnienia (ma koncesję) dla znakowania $M: P \rightarrow [0,1]$ od momentu, gdy spełnione są warunki:

$$\forall p \in {}^*t, M(p) \geq \frac{W(p,t)}{K(p)} \text{ i } \forall p \in t^*, M(p) \leq \frac{K(p)-W(t,p)}{K(p)} \quad (2)$$

do momentu, gdy:

$$\forall p' \in {}^*t, M(p) = 0 \text{ i } \forall p' \in t^*, M(p) = 1, \quad (3)$$

gdzie: ${}^*t = \{p \in P \mid (p,t) \in R\}$ oznacza zbiór miejsc wejściowych tranzycji t , a $t^* = \{p \in P \mid (t,p) \in R\}$ - zbiór jej miejsc wyjściowych.

Czas aktywności tranzycji zależy od szybkości zmian warunku związanego z tą tranzycją. Sposób wyznaczania nowego znakowania sieci opisuje Definicja 3.

Definicja 3

Jeżeli dla znakowania M tranzycja $t \in T$ jest przygotowana do uaktywnienia, a stopień spełnienia warunku związanego z przygotowaną tranzycją $\Theta(t) = \vartheta \in [0,1]$ zwiększy się o $\Delta\vartheta > 0$, to nowe znakowanie sieci M' można wyznaczyć za pomocą następującej reguły:

$$M'(p) = \begin{cases} M(p) - \Delta\vartheta \cdot \frac{W(p,t)}{K(p)} & \Leftrightarrow p \in {}^*t, \\ M(p) + \Delta\vartheta \cdot \frac{W(t,p)}{K(p)} & \Leftrightarrow p \in t^*, \\ M(p) & \Leftrightarrow p \notin {}^*t \cup t^*. \end{cases} \quad (4)$$

Reprezentacja algebraiczna

Do analizy rozmytej interpretowanej sieci Petriego można zastosować jej reprezentację algebraiczną opartą na klasycznej macierzy incydencji C . Wówczas znakowanie następnice tej sieci można wyznaczyć wykorzystując poniższe twierdzenie.

Twierdzenie 1

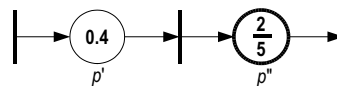
Jeżeli w rozmytej interpretowanej sieci Petriego dla znakowania M zostaną uaktywnione tranzycje, które według Definicji 2 są przygotowane do uaktywnienia, to znakowanie następnice M' , które wystąpi w wyniku uaktywnienia tych tranzycji jest opisane zależnością:

$$M' = M + [(E \wedge \Theta) \cdot C] / K, \quad (5)$$

gdzie: E - wektor zerowy o wymiarze $1 \times s$, w którym numer współrzędnej równej 1 odpowiada indeksowi tranzycji aktualnie przygotowanej w znakowaniu M , Θ - wektor o wymiarze $1 \times s$, w którym współrzędna ϑ_i , $i = 1, 2, \dots, s$ opisuje przyrost stopnia spełnienia warunku związanego z tranzycją t_i , K - wektor o wymiarze $1 \times (a+b)$ przypisujący każdemu miejscu pojemność, $K(p) \in \mathbb{N}$, \wedge - operacja minimum.

Reprezentacja graficzna

W formie graficznej, wykorzystywanej głównie do wizualizacji stanu sieci, miejsca p są reprezentowane przez symbol okręgu O , przy czym miejsca typu p'' rysujemy grubszą linią (rys. 1).

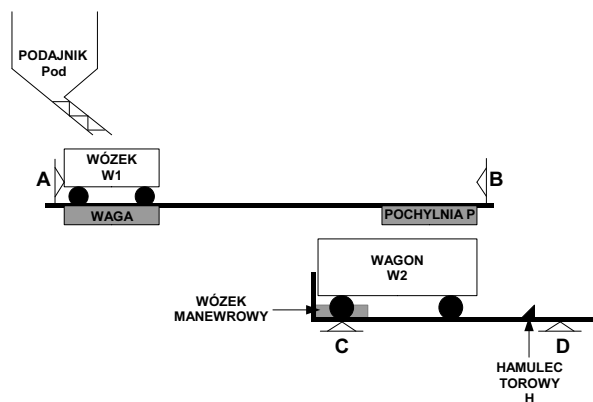


Rys. 1. Reprezentacja graficzna sieci
Fig. 1. Graphic representation of the net

Znakowanie miejsc przedstawiamy w formie liczby ułamkowej, w której mianownik opisuje pojemność miejsca, a licznik liczbę znaczków znajdujących się w miejscu. W miejscach typu p' pomijamy mianownik, gdyż pojemność tych miejsc z definicji jest równa jeden. Znakowanie $M(p'') = 2/5 = 0.4$ oznacza, że w miejscu p'' o pojemności $K(p'') = 5$ znajdują się 2 znaczki. Gdyby $M(p'') = 2.8/5 = 0.56$, to oznaczałoby to, że w miejscu p'' znajdują się dwa znaczki w stopniu 1 i jeden znaczek w stopniu 0.8.

3. Przykład

Rozpatrzmy układ załadunku wagonu W2, w którym wykorzystywany jest wózek W1 (rys. 2).



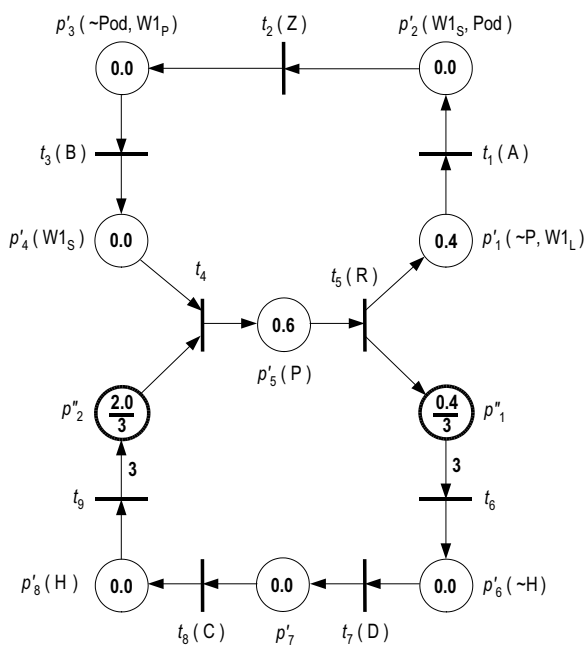
Rys. 2. Stacja przeładunkowa materiału sypkiego
Fig. 2. Loading station for loose materials

Wózek W1 stoi w punkcie A, gdzie zostaje załadowany materiałem sypkim poprzez uruchomienie podajnika Pod. Waga podaje informację o stopniu załadowania wózka. Gdy wózek W1 jest pełny, wówczas przemieszcza się do punktu B, gdzie zatrzymuje się i czeka na przeładunek materiału do wagonu W2. Po rozładunku powraca ponownie do punktu A, a proces załadunku i przemieszczania się wózka W1 ponownie się powtarza. Z drugiej strony wagon W2 zostaje przyprowadzony przez wózek manewrowy do punktu C, gdzie oczekując na załadunek. Gdy wózek manewrowy osiągnie ten punkt łączy się hamulec torowy H, który uniemożliwia opuszczenie przez wagon punktu załadunkowego. Wagon W2 ma pojemność 3 razy większą od wózka W1 i jego napełnienie wymaga dostarczenia 3 porcji materiału sypkiego, które może pomieścić wózek W1. Gdy wagon W2 zostanie załadowany, wówczas hamulec torowy H zostaje zwolniony i wózek manewrowy może odprowadzić wagon poza punkt przeładunkowy, a jego opuszczenie sygnalizuje czujnik D. Po przyjeździe kolejnego wagonu do punktu C ponownie zostaje łączy hamulec torowy i proces załadunku powtarza się. Dla uproszczenia przykładu pominięto sterowanie wózkiem manewrowym, który jest odpowiedzialny nie tylko za przyprowadzenie i odpro-

wadzenie wagonu do punktu załadunkowego, ale również za jego przesuwanie podczas załadunku pomiędzy punktem C a punktem zamontowania hamulca torowego tak, aby kolejne porcje przesywanego materiału były równomiernie rozmieszczone w wagonie W2.

Na rys. 3 przedstawiono sieć modelującą układ załadunku wagonu. Miejscom sieci typu p' przyporządkowano sygnały sterujące, które oznaczono następująco: $W1_P$, $W1_L$, $W1_S$ - ruch wózka W1 (odpowiednio w prawo, w lewo lub stop), P - załączenie pochylni ($\sim P$ - wyłączenie pochylni), Pod - załączenie podajnika ($\sim Pod$ - wyłączenie podajnika), H - załączenie hamulca torowego ($\sim H$ - wyłączenie hamulca), a tranzycjom t przypisano sygnały pochodzące od czujników: A, B - czujniki położenia wózka, C, D - czujniki położenia wózka manewrowego, R - postępowanie w rozładunku wózka W1, Z - postępowanie w załadunku wózka W1.

Sygnał sterujący związany z miejscem p' jest wystawiany od chwili, gdy w miejscu tym znajduje się znacznik w stopniu 1 ($M(p')=1$) do momentu, gdy znacznik ten zostanie całkowicie usunięty ($M(p')=0$).



Rys. 3. Rozmyta interpretowana sieć Petriego modelująca układ załadunku
Fig. 3. The fuzzy interpreted Petri net model of the loading system

Rozmyta interpretowana sieć Petriego umożliwia zastosowanie zarówno czujników binarnych, jak i analogowych, których sygnał należy normalizować do przedziału $[0,1]$. Jeżeli czujnik analogowy będzie określał położenie wózka W1 pomiędzy punktami A i B, to będzie można obserwować „przelewanie się” znacznika przez tranzycje t_1 i t_3 . Jeżeli czujniki analogowe będą monitorować stopień załadunku i rozładunku wózka W1, to będzie można również zobaczyć „przelewanie się” znacznika przez tranzycje t_2 i t_5 .

Sieć z rys. 3 posiada dwa miejsca typu p'' . Znakowanie miejsca p''_1 opisuje ile materiału sypkiego jest już w wagonie. Znakowanie $M(p''_1) = 0.4/3$ oznacza, że przesypano z wózka W1 do wagonu W2 40% materiału (trwa proces rozładowywania tego wózka). Miejsce p''_1 pełni więc rolę rozmytego licznika, który pokazuje stopień załadunku wagonu W2. Ponieważ przepustowość łuku prowadzącego od tego miejsca wynosi 3, to do odpalenia tranzycji t_6 potrzebne jest znakowanie $M(p''_1) = 3.0/3$, czyli załadowanie zawartości 3 wózków W1. Ponieważ tranzycje t_4 i t_9 są tranzycjami bezwarunkowymi, to znakowanie miejsca p''_2 może przyjmować wartości $3.0/3$, $2.0/3$, $1.0/3$ lub $0.0/3$ i będzie podawał liczbę

wózków W1, które powinny dostarczyć materiał do miejsca przeładunku.

Sieć z rys. 3 możemy opisać poprzez macierz incydencji C :

$$C = \begin{matrix} & p'_1 & p'_2 & p'_3 & p'_4 & p'_5 & p'_6 & p'_7 & p'_8 & p''_1 & p''_2 \\ \begin{matrix} t_1 \\ t_2 \\ t_3 \\ t_4 \\ t_5 \\ t_6 \\ t_7 \\ t_8 \\ t_9 \end{matrix} & \begin{bmatrix} -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & -3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 3 & 0 \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (6)$$

Wektor M opisujący znakowanie sieci z Rys. 3 ma postać:

$$M = \left[0.4 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0.6 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad \frac{0.4}{3} \quad \frac{2.0}{3} \right]. \quad (7)$$

Wszystkie miejsca typu p' mają pojemność $K(p')=1$, więc wektor K zapisujemy jako:

$$K = [1 \quad 1 \quad 1 \quad 1 \quad 1 \quad 1 \quad 1 \quad 1 \quad 3 \quad 3]. \quad (8)$$

Dla rozkładu znaczników jak na Rys. 3 aktywna jest tylko tranzycja t_5 , dlatego też wektor E przyjmuje postać:

$$E = [0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 1 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0]. \quad (9)$$

Załóżmy, że przesypano do wagonu W2 kolejne 5% zawartości wózka W1. Wówczas wektor Θ przyjmuje postać:

$$\Theta = [0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0.05 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0]. \quad (10)$$

Korzystając z Twierdzenia 1 możemy obliczyć wektor M' :

$$M' = \left[0.45 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0.55 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad \frac{0.45}{3} \quad \frac{2.0}{3} \right]. \quad (11)$$

Obserwujemy więc dalszy postęp w „przelewaniu się” znacznika pomiędzy miejscem p'_5 , a miejscami p'_1 i p''_1 , zgodny z postępowaniem w przeładunku materiału.

4. Wnioski

W pracy przedstawiono koncepcję rozmytej interpretowanej sieci Petriego, która rozszerza możliwości sieci zaproponowanej w [3] o modelowanie ilościowe zasobów. Podano przykład algorytmu sterowania opisanego za pomocą tej sieci oraz jej algebraiczną reprezentację. W ten sposób pokazano możliwość zastosowania tej sieci w układach sterowania, gdy z obiektu zbierane są zarówno sygnały analogowe, jak i binarne. Dalsze prace będą zmierzały do opracowania metody syntezy te sieci z wykorzystaniem rozmytych układów kombinacyjnych i sekwencyjnych. Skłania do tego ciągły rozwój „sprzętu rozmytego” [8, 9, 10, 11], jak i dotychczas opracowane metody syntezy rozmytej sieci Petriego [3, 5].

Praca naukowa częściowo finansowana ze środków na naukę w latach 2008 - 2010 jako projekt badawczy N N514 413934.

5. Literatura

- [1] M. Adamski, Z. Skowroński: Interpretowane sieci Petriego – model formalny w zintegrowanym projektowaniu mikroprocesorowych systemów sprzętowo-programowych, *Pomiary Automatyka Kontrola*, nr 2/3, 2003.
- [2] R. David, H. Alla: Petri Nets for Modeling of Dynamic Systems – A Survey, *Automatica*, vol. 30, no. 2, 1994.
- [3] L. Gniewek, J. Kluska: Hardware implementation of fuzzy Petri net as a controller, *IEEE Trans. on Syst., Man and Cybern. - Part B: Cybernetics*, vol.34, no.3, June 2004.
- [4] J. Kluska, L. Gniewek: Fuzzy Petri nets as control systems, *Pomiary Automatyka Kontrola*, nr 1, 2005.
- [5] J. Kluska, L. Gniewek: A new method of fuzzy Petri net synthesis and its application for fuzzy control systems design, *Advances in Soft Computing*, Physica-Verlag Heidelberg, 2000.
- [6] J. Kluska, Z. Hajduk: Hardware implementation of a fuzzy Petri net based on VLSI digital circuit, *Third Conference of the European Society for Fuzzy Logic and Technology EUSFLAT*, Zittau, Germany, 2003.
- [7] J. Kluska, Z. Hajduk: Digital Implementation of Fuzzy Petri Net Based on Asynchronous Fuzzy RS Flip-Flop, *7th Int. Conf., Artificial Intelligence and Soft Computing - ICAISC*, 314-319, Zakopane, 2004.
- [8] K. Hirota, K. Ozawa: The concept of fuzzy flip-flop, *IEEE Trans. on Syst., Man and Cybern.*, vol. 19, 1989.
- [9] L. Gniewek, J. Kluska: Family of fuzzy J-K flip-flops based on bounded product, bounded sum and complementation, *IEEE Trans. on Syst., Man and Cybern. - Part B: Cybernetics*, vol. 28, no 6, 1998.
- [10] S. Yoshida, K. Hirota: Lattice Structure of D, T, and SR Fuzzy Flip-Flops Under Max_Min Logic, *Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics*, vol. 9, no 6, 2005.
- [11] R. Lovassy, L.T. Koczy, L. Gal: Multilayer Perceptron Implemented by Fuzzy Flip-Flops, *IEEE International Conference on Fuzzy Systems, FUZZ 2008*.

Artykuł recenzowany

INFORMACJE

Studia Podyplomowe

Wydział Elektryczny Politechniki Śląskiej w Gliwicach, Katedra Metrologii, Elektroniki i Automatyki
ogłasza nabór na Dwusemestralne Zaoczne Studia Podyplomowe

Sieci Komputerowe i Systemy Telekomunikacyjne (SKST)

Cel Studiów

Celem studiów jest przekazanie wiedzy teoretycznej i umiejętności praktycznych w zakresie: budowy bezpiecznych i wydajnych sieci komputerowych, konfiguracji i eksploatacji sieci komputerowych ze szczególnym uwzględnieniem sieci korporacyjnych, diagnostyki i pomiarów w sieciach komputerowych.

Zajęcia prowadzone są na Wydziale Elektrycznym Politechniki Śląskiej w Gliwicach, w systemie zaocznym w każdą sobotę lub co drugi weekend (opcja do wyboru), przez dwa semestry. Zajęcia prowadzone są przez nauczycieli akademickich ze stopniem co najmniej doktora oraz przez zaproszonych Gości o uznanym dorobku i autorytecie. Studia obejmują 200 godzin dydaktycznych. Rozpoczęcie Studiów nastąpi po skompletowaniu odpowiedniej liczby kandydatów na dany rodzaj studiów.

Organizator studiów:

Katedra Metrologii, Elektroniki i Automatyki Politechniki Śląskiej, 44-100 Gliwice, ul. Akademicka 10, tel. 032 237 12 41, fax: 032 237 20 34, e-mail: re2@polsl.pl lub agnieszka.skorkowska@polsl.pl, http://imea.elekt.polsl.pl

Kierownik studiów:

Dr hab. inż. Lesław TOPÓR-KAMIŃSKI, prof. Pol. Śl.

Profil uczestnika studiów

Studia przeznaczone są dla pracowników o różnych specjalnościach z wyższym wykształceniem o kierunku elektrycznym, elektronicznym, telekomunikacyjnym lub pokrewnym, zajmujących się bądź potencjalnie zainteresowanych administracją i eksploatacją komputerowych sieci telekomunikacyjnych.