

SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA
V NITRE
MECHANIZAČNÁ FAKULTA
Katedra elektrotechniky a automatizácie

Návrh automatiky s fuzzy riadiacim algoritmom

Autoreferát dizertačnej práce
na získanie vedecko-akademickej hodnosti philosophiae doctor
vo vednom odbore: 41-15-9
Technika a mechanizácia poľnohospodárskej a lesníckej výroby

Ing. Marián Amrich

Nitra, 2007

Dizertačná práca bola vypracovaná v externej forme doktorandského štúdia na Katedre elektrotechniky a automatizácie Mechanizačnej fakulty Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre.

Doktorand: Ing. Marián Amrich
Katedra elektrotechniky a automatizácie
Mechanizačná fakulta
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

Vedúci dizertačnej práce: doc. Ing. Dušan Hrubý, PhD.
Katedra elektrotechniky a automatizácie
Mechanizačná fakulta
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

Oponenti: prof. Ing. Anton Žikla, CSc.
Katedra vozidiel a tepelných zariadení
Mechanizačná fakulta
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

doc. Ing. Juraj Spalek, PhD.
Katedra riadiacich a informačných systémov
Elektrotechnická fakulta
Žilinská univerzita

doc. Ing. Ivan Georgiev, CSc.
Katedra techniky a informačných technológií
Pedagogická fakulta
Univerzita Konštantína Filozofa v Nitre

Autoreferát bol odoslaný dňa

Stanovisko k dizertácii vypracovala Katedra elektrotechniky a automatizácie, Mechanizačná fakulta, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre.

Obhajoba doktorandskej dizertácie sa koná dňa o h pred komisiou pre obhajobu dizertačných práce vedného odboru 41-15-9 Technika a mechanizácia poľnohospodárskej a lesníckej výroby na Mechanizačnej fakulte, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre.

Miesto konania: Katedra elektrotechniky a automatizácie
Mechanizačná fakulta
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre
Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra

Miestnosť:

S dizertačnou prácou sa možno oboznámiť na dekanáte Mechanizačnej fakulty.
Predseda komisie pre obhajoby vo vednom odbore 41-15-9

plné meno s titulmi
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

ABSTRACT

In this dissertation work very strong tools are introduced from the field of artificial intelligence so-called soft computing: fuzzy and neuro-fuzzy systems as resources of the nonlinear control of the plants, approximation and identification techniques. This work deals with required elements for practical implementation of the sophisticated fuzzy and neuro-fuzzy design conceptions, which can find the appropriate application domain in the agricultural pre-processing stage. The complex mechanism has been created in order to implement the fuzzy logic control and identification for many types of physical plants. One part of the whole design conception is focused on the creation of the software applications participating on the effective optimization of the designed fuzzy algorithms. Two control devices were created and they can be used as initial elements for the future fuzzy logic developments. Mentioned devices allow the connection of wide range of sensors with digital or analogue output and dispose with effective data sharing through many standard interfaces. They have to have a possibility to act in the acceptable form – the most common is the pulse width modulation. The ability of the wireless serial connection extends the whole robustness. Used microcontroller has embedded debug and load options accessible directly from the design environment. This phenomena saves development time and personal effort in a positive way.

Very important point was the turnover from the physical construction of the device to the selection and design of acceptable elementary algorithms based on the fuzzy logic principles. Suitable connection of the introduced software applications lead to the practical implementation. This can find the application field in the well known domains such a temperature control, vehicle motion, identification and in the replacement of conventional types – with respect to proportional-integral-derivative types. The main effect of the intelligent techniques is the cost saving (energy consumption), user comfort, (learning) with accessible design procedure (linguistics) and developed chain contributes in this as well.

ABSTRAKT

Predložená dizertačná práca predkladá veľmi silné nástroje z oblasti umelej inteligencie takzvaného *soft komputingu*: fuzzy a neuro-fuzzy systémy ako zdroje nelineárneho riadenia sústav, aproximačných a identifikačných techník. Táto práca sa

zaoberá potrebnými prvkami pre praktickú implementáciu sofistikovaných fuzzy a neuro-fuzzy návrhových koncepcií, ktoré môžu nájsť vhodnú aplikačnú oblasť v poľnohospodárskej prvovýrobe. Bol navrhnutý komplexný mechanizmus za účelom implementácie fuzzy riadenia a identifikácie v mnohých typoch fyzických sústav. Časť celkovej návrhovej koncepcie je zameraná na vytvorenie softvérových aplikácií podielajúcich sa na efektívnej optimalizácii navrhnutých fuzzy algoritmov. Boli navrhnuté dve riadače automatiky, ktoré môžu byť použité ako počítačové prvky budúcich fuzzy logických návrhov. Spomenuté automatiky umožňujú pripojenie širokej rady snímačov s číslicovým alebo analógovým výstupom a disponujú účinným zdieľaním údajov cez množstvo štandardných rozhraní. Riadiaci zásah je v štandardnej forme – pulzne šírkovej modulácie. Schopnosť bezdrôtovej sériovej komunikácie rozširuje celkovú robustnosť. Použitý mikrokontrolér má obsahujúce možnosti ladenia a nahrávania, ktoré sú dostupné priamo z vývojového prostredia. To šetrí čas návrhu a osobné nasadenie v pozitívnom smere.

Veľmi dôležitým bodom bol prechod od fyzickej konštrukcie automatiky k výberu a návrhu prijateľných základných algoritmov založených na fuzzy logických princípoch. Vhodné spojenie predkladaných softvérových aplikácií smerovalo k praktickej implementácii. Tá môže nájsť oblasť použitia v dobre známych oblastiach ako riadenie teploty, pohybu vozidla, identifikácii a nahradenia konvenčných typov s ohľadom na proporcionálno-integracno-derivačné typy. Hlavným zámerom inteligentných techník je šetrenie nákladov (spotreba energie), užívateľský komfort (učenie), dostupný postup návrhu (lingvistika) pričom navrhnutý vývojový reťazec k tomu vhodne prispieva.

O B S A H

| | |
|---|----|
| ÚVOD..... | 5 |
| CIEĽ PRÁCE..... | 6 |
| MATERIÁL A METÓDY..... | 7 |
| VÝSLEDKY..... | 10 |
| Návrh fuzzy riadenia klímy pomocou vykurovania a ventilácie..... | 13 |
| Návrh fuzzy riadenia klímy pomocou vykurovania, ventilácie a zvlhčovania..... | 13 |
| ZÁVER..... | 15 |
| POUŽITÁ LITERATÚRA..... | 17 |
| PUBLIKOVANÉ PRÁCE SÚVISIACE S PROBLEMATIKOU..... | 19 |

ÚVOD

Na základe prečítanej literatúry a realizovaných aplikácií je možné konštatovať, že od polozenia teoretických základov v šesťdesiatych rokoch minulého storočia nedošlo až do súčasnosti k výraznému prieniku fuzzy riadiacich a identifikačných techník do oblasti poľnohospodárstva. Značné množstvo publikácií sa zameriava na matematický rámec fuzzy logiky, avšak algoritmy spojené s vyhodnotením sú často neúplné, prípadne chýbajú, alebo sú prípady, kde sú aj nesprávne definované. Takmer úplne chýba popis prvkov reťazca umožňujúcich ich aplikáciu. Fuzzy logika a s ňou spojené oblasti použitia vyžadujú ucelený pohľad na danú problematiku a rozsiahle štúdium programových technických prostriedkov na jej implementáciu do praxe. Donedávna bola azda najväčšou prekážkou nedostupnosť vhodného prostredia umožňujúceho efektívny návrh a optimalizáciu fuzzy algoritmov a rýchlych mikro počítačov pre praktickú implementáciu daných algoritmov. Na modelovanie a riadenie nelineárnych systémov sa v poslednom období stále viac využívajú algoritmy na princípe fuzzy logiky. Fuzzy logika nájde uplatnenie všade tam, kde nie je k dispozícii matematický model sústavy, ale sú prítomné ľudské expertné znalosti alebo základné číselné vstupno-výstupné závislosti, pomocou ktorých je možné skonštruovať riadiaci alebo rozhodovací systém.

Teória fuzzy množín bola úspešne presadená v rôznych oblastiach napríklad automatického riadenia, systémovej identifikácie, spracovania signálov, odhadu, plánovania a diagnostiky. To, čo robí fuzzy teóriu množín zaujímavou, je skutočnosť dokázania spracovania nepresnosti prítomnej v ľudskom vyjadrení.

Pri veľmi zložitých procesoch, ku ktorým patria aj procesy riadenia objektov, na charakteristiku ktorých je nutné použiť viaceré riadiace veličiny a všade tam, kde nie je možné presne definovať relácie medzi vstupnými a výstupnými veličinami, je použitie metód umelej inteligencie často jediným riešením. Aj v prípade, že sú tieto závislosti známe na základe modelu riadenia objektu, môže byť riadenie stavu objektu na základe fuzzy logiky, neurónových sietí, a podobne, oveľa dokonalejšie. Dôvodom býva veľmi zložitá zostavenie analytického matematického modelu riadeného objektu a to aj s použitím množstva zjednodušujúcich predpokladov.

Aplikačná škála možností uplatnenia fuzzy a neuro-fuzzy logických techník v poľnohospodárstve je veľmi široká. práca sa zameriava aj na výber vhodných fuzzy algoritmov aplikovateľných v daných podmienkach. Úlohou je posunúť doterajšie

klasické spôsoby riadenia a vyhodnocovania na progresívnejšiu úroveň použitím moderných metód.

CIEĽ PRÁCE

Cieľom práce je návrh automatiky s fuzzy riadiacim algoritmom. To zahŕňa výber teórie fuzzy modelovania so zreteľom na tvorbu algoritmov pre vypracovanie praktického riešenia fuzzy riadiacich a identifikačných systémov pre rôzne typy vyskytujúcich sa sústav. Ich výber je zameraný na oblasť poľnohospodárskej prvovýroby s cieľom nahradenia konvenčných typov riadenia, činností vykonávaných človekom alebo na poskytnutie inovatívnych riadiacich algoritmov.

Ako nahrada konvenčných riadiacich techník je uvažovaný PID (proporcionálno-integračno-derivačný) regulátor konštrukciou fuzzy typu.

Aplikácia umelej inteligencie v ponímaní napodobenia činností vykonávaných človekom pomocou fuzzy logických techník bude riešená na vytvorenom modeli samostatného robotického vozidla, kde budú aplikované expertné znalosti na uskutočnenie požadovaných zásahov.

Prácu vhodným spôsobom dopĺňajú fuzzy algoritmy schopné riadenia zložitých systémov tvorených viacerými vstupmi a výstupmi s ohľadom na učiace schopnosti systému.

Môžeme predpokladať aplikáciu navrhnutých algoritmov v riadení pohybu vozidla, osvetlenia a klímy v existujúcich poľnohospodárskych systémoch. Obidva prípady musia mať spoločný základ: pozitívny vplyv na celkové náklady. To už vo význame nahradenia vplyvu človeka, energetických úspor, dodržania mikroklimatických podmienok alebo komfortu.

Druhú časť práce tvorí návrh automatiky, ktorá musí sledovať aktuálne vývojové trendy a umožniť aplikáciu fuzzy logických techník v náročných podmienkach, zabezpečiť spracovanie navrhnutých fuzzy riadiacich a identifikačných algoritmov a umožniť ich integráciu do príslušného prostredia. To okrem iného predpokladá aj bezdrôtové komunikačné pripojenie k čomu je potrebné zabezpečiť súbor vhodných programových a technických prostriedkov.

Oprieme sa aj o analyzovanie možností optimalizácie navrhnutého fuzzy algoritmu pomocou počítačovej simulácie, priameho pripojenia k riadenej sústave, adaptačného mechanizmu včleneného do fuzzy-neurónového systému. Jednou z

hlavných požiadaviek musí byť efektívny spôsob návrhu algoritmov a spracovania nameraných údajov.

MATERIÁL A METÓDY

Teoretická časť:

- praktická identifikácia sústav,
- nadobudnutie poznatkov z dostupnej literatúry so zameraním na Mamdani a Takagi-Sugenov fuzzy systém, neurónové siete, neuro-fuzzy systémy,
- posúdenie možností simulácie fuzzy systémov a umelých neurónových fuzzy interferenčných systémov,
- návrh, simulácia fuzzy PID regulátora s cieľom rekonštrukcie jeho lineárneho typu,
- konštrukcia fuzzy systému pomocou učiacej množiny a neurónovej siete,
- štúdium potrebné pre vytvorenie programového prostredia: programovacie jazyky ANSI C, Visual Basic,
- mikrokontroléry na báze jadra 8051, výber vhodných typov, štúdium ich architektúry a dodatočných periférií,
- fuzzy zhlukovanie a kongitívne mapy,
- expertná fuzzy diagnostika a identifikácia,
- navigácia v priestore – GPS, inerciálna navigácia,
- výber vhodných aplikačných možností fuzzy riadenia a identifikácie v poľnohospodárskej prvovýrobe a návrh praktického riešenia.

Teoretický základ práce sa musí opierať o najnovšie poznatky v uvedenej oblasti s orientáciou na viaceré aplikačné štúdie, ktoré nájdu uplatnenie priamo v poľnohospodárskej prvovýrobe (riadenie klímy, smeru pohybu vozidla) alebo v rozhodovacích procesoch (identifikácia).

Praktické riešenie:

- návrh a vytvorenie automatiky, ktorá bude obsahovať moderný výkonný mikrokontrolér so všetkými štandardnými vstupno-výstupnými rozhraniami

a schopnosťou spracovania analógových veličín a priamej tvorby riadiacich zásahov,

- vytvorenie programu v jazyku C (prostredie Keil™ μ Vision^R) pre dané zariadenie umožňujúce zber údajov zo snímačov, ich vyhodnotenie a obojsmerné zdieľanie s riadiacim počítačom,
- návrh a vytvorenie prístupového bodu pre bezdrôtové zdieľanie dát s automatikou,
- návrh a vytvorenie napájacej a výkonovej jednotky zabezpečujúcej napájanie a ovládanie pripojených akčných členov,
- vytvorenie modelovacej schémy v prostredí Matlab™-Simulink^R fuzzy PI regulátora a fuzzy riadiaceho systému,
- vytvorenie programu na strane počítača v jazyku Visual Basic, ktorý zabezpečuje samotný fuzzy riadiaci algoritmus a poskytuje prepojenie s programom fuzzyTech^R na okamžitú optimalizáciu fuzzy algoritmu,
- vytvorenie modelu teplotne izolovanej komory prvého rádu,
- vytvorenie robotického vozidla s nezávislým pohybom dvoch kolies,
- vytvorenie praktickej koncepcie robotického vozidla s Ackermanovým podvozkom a pohonom všetkých štyroch kolies.

Na riadiacu automatiku sú kladené nasledovné základné požiadavky:

- schopnosť komunikovať štandardnými sériovými zbernicami (RS232, USB),
- možnosť pripojenia snímačov s digitálnym aj analógovým výstupom,
- možnosť pripojenia akčných členov s analógovým riadením,
- zobrazenie nameraných hodnôt na zobrazovacej jednotke.

Vytvorenie fuzzy algoritmov:

- fuzzy riadenie klímy izolovanej teplotnej komory,
- fuzzy riadenie klímy obytných priestorov,
- fuzzy riadenie klímy skleníka,
- fuzzy klasifikácia vozidiel,
- fuzzy stanovenie optimálnej jazdnej rýchlosti,
- fuzzy a neuro-fuzzy aproximácia nelineárnej funkcie,
- fuzzy expertné riadenie osvetlenia v miestnosti,

- fuzzy riadenie robotického vozidla so špecifickými požiadavkami:
 - sledovanie steny,
 - sledovanie susedného vozidla,
 - udržanie odstupu od vozidla idúceho pred ním,
 - samostatná jazda s vyhýbaním sa prekážkam,
 - sledovanie porastu.

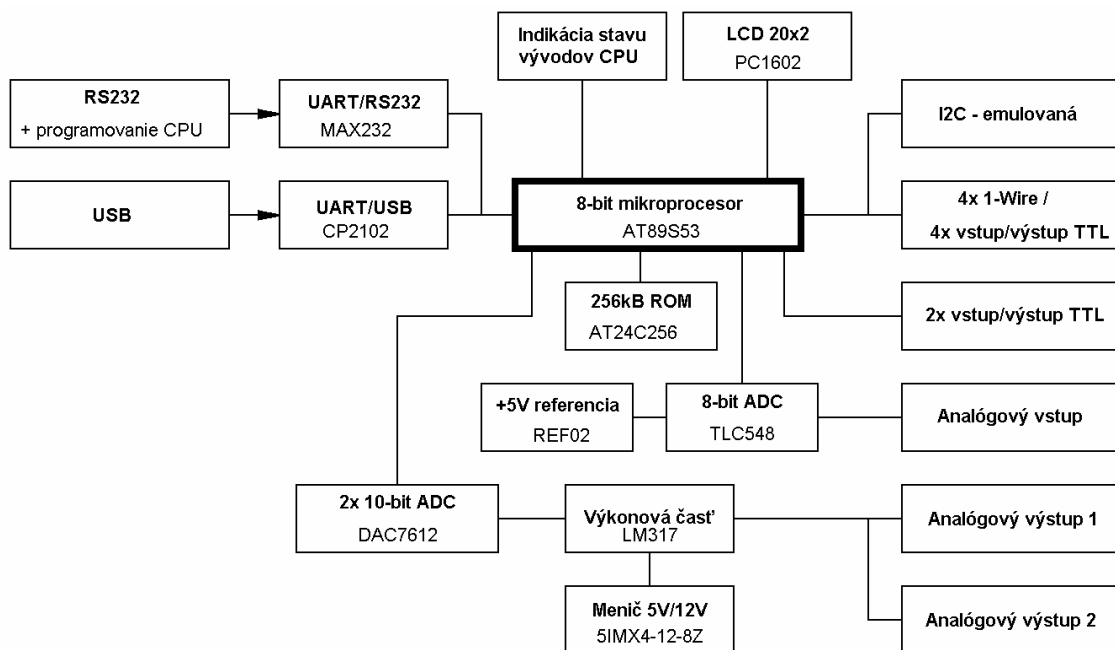
Na riešenie úlohy budú použité tieto prostriedky:

- osobný počítač: procesor AMD Duron 1300MHz, 256MB RAM, 40GB pevný disk,
- digitálny osciloskop Tektronix TDS210,
- digitálny multimeter Fluke 75,
- programové prostriedky:
 - Matlab™ 6.0 - Simulink^R 4.1,
 - fuzzyTech^R 3.1,
 - Visual Basic 6,
 - Keil™ 8.5 μ Vision 3.0,
 - Silicon Laboratories IDE,
 - PonyProg 2000.
- vývojový kit C8051F340 od firmy Silicon Laboratories,
- vývojový kit CP2201 od firmy Silicon Laboratories,
- vývojový kit Atmel 8053,
- snímače neelektrických veličín:
 - osvetlenia,
 - vzdialenosti,
 - teploty,
 - relatívnej vlhkosti.
- prijímač signálu GPS PMB248,
- nastavovací prvok – potenciometer,
- dostupné akčné členy,
- model sústavy prvého rádu - komora,
- obytného priestoru,
- záhradný skleník,

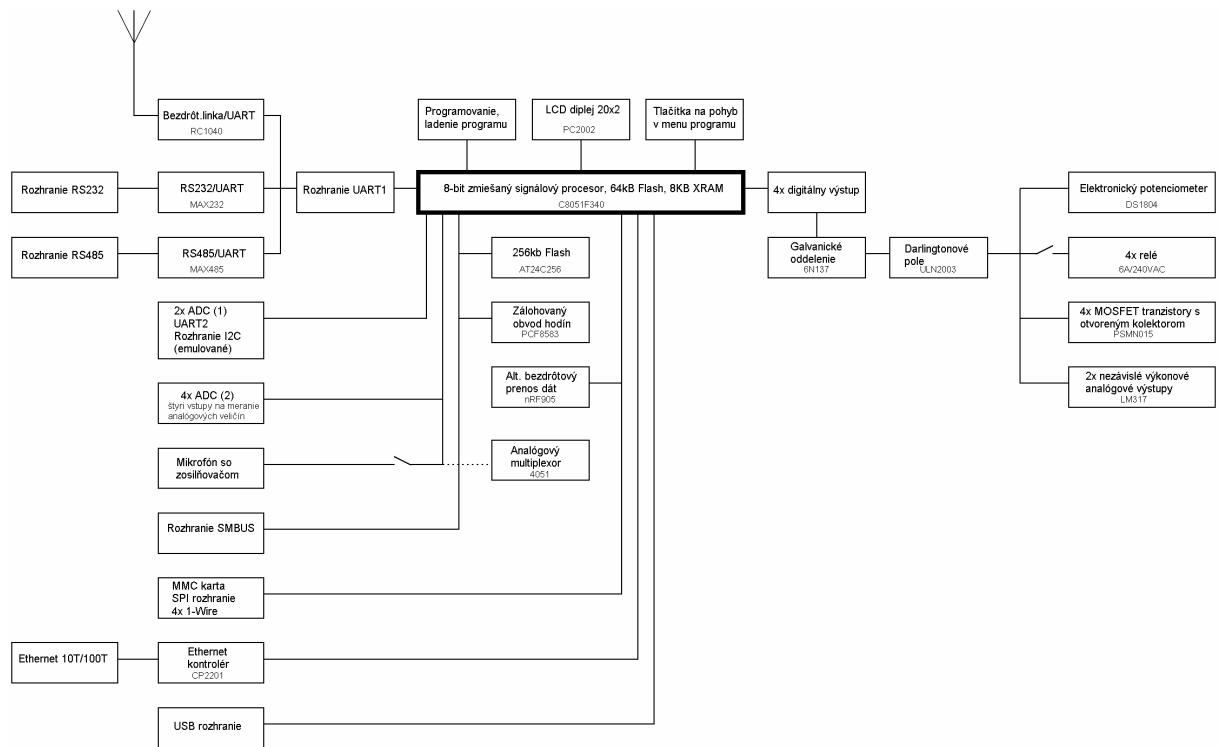
- základ robotického vozidla s diferenciálnym pohonom kolies,
- robotické vozidlo s Ackermanovým podvozkom a pohonom všetkých štyroch kolies.

VÝSLEDKY

V priebehu doktorandského štúdia boli vytvorené dva typy automatík, ktoré umožňovali aplikáciu fuzzy algoritmov na príkladoch bežne vyskytujúcich sa praxi. Hlavný dôraz bol kladený na to, aby tieto zariadenia boli osadené modernými výkonnými obvodmi umožňujúcimi pripojenie inteligentných kalibrovaných snímačov s vysokou presnosťou, rýchle spracovanie a efektívnu optimalizáciu navrhnutých fuzzy algoritmov.



Obrázok 1 Bloková schéma automatiky A



Obrázok 2 Bloková schéma automatiky B

Na strane oboch navrhnutých automatík bolo použité programové vybavenie, ktoré zabezpečuje zber a spracovanie potrebných údajov z analógového alebo digitálneho rozhrania pripojených snímačov (vstupy fuzzy systému), ich vysielanie po príslušnej zbernici a nastavovanie príslušných akčných zásahov spojitou zmenou alebo pulzne-širokovou moduláciou. Formát komunikácie sa líši na základe použitej koncepcie zaradenia fuzzy algoritmov do programu realizujúceho fuzzy algoritmus na osobnom počítači. Okrem iného program zabezpečuje dodatočné funkcie ako zobrazenie údajov zo snímačov na displeji a hodnôt akčných zásahov a podobne.

Spojenie so samotným fuzzy algoritmom je zabezpečené pomocou navrhnutého programu s ktorým komunikuje daná automatika.

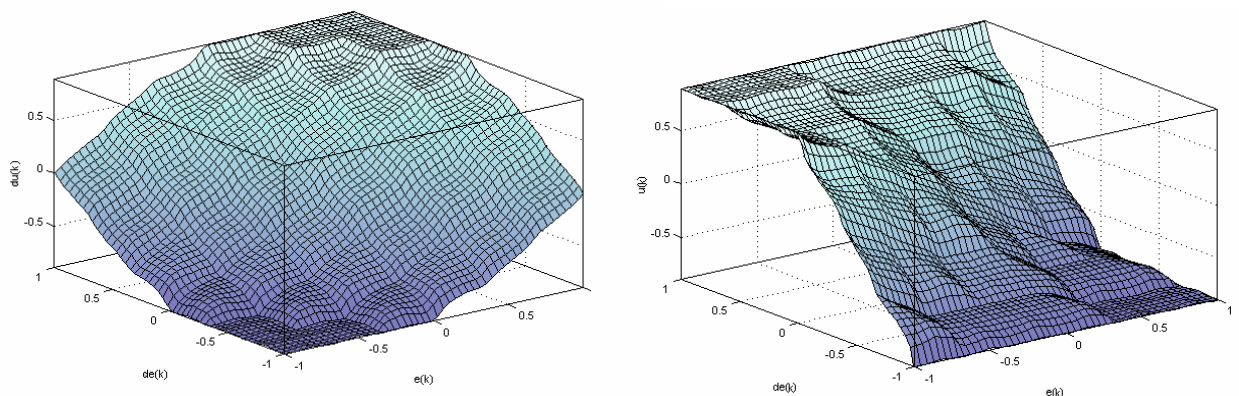
Automatika B umožňuje bezdrôtové zdieľanie údajov zo snímačov s riadiacim programom realizujúcim fuzzy algoritmus bežiacom na osobnom počítači. Na obojsmernú sériovú komunikáciu prostredníctvom štandardného rozhrania bolo potrebné navrhnuť jednotku schopnú bezdrôtového zdieľania údajov na strane osobného počítača.

Na snímanie vstupných neelektrických veličín boli vybrané snímače so zabudovaným analógovo-digitálnym prevodníkom na prevod meranej spojitej

neelektrickej veličiny zo senzora do číslicovej formy dostupnej pomocou číslicového rozhrania.

Fuzzy riadenie bolo aplikované na dostupných sústavách a to obytnej miestnosti, modelu teplotne izolovanej sústavy prvého rádu a skleníka. Ďalej bol vyvinutý kolesový robot s nezávislým pohonom kolies určený pre vnútorné použitie. Tento model robota spolu s automatikou (B) tvorí kompaktný samostatne sa pohybujúci celok.

Návrh sa zameriava na napodobenie konvenčných typov riadenia a snaží sa o implementáciu riadiacich techník, ktoré donedávna využívali zásahu človeka.



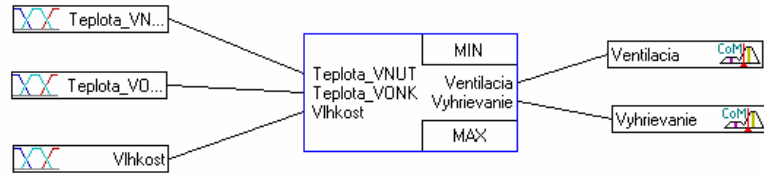
Obrázok 3 Zlinearizované riadiace plochy fuzzy PI a PD regulátora (fuzzifikácia singletonom, defuzzifikácia stredom ťažiska, systém Mamdani)

V práci je spomenuté aj stanovenie optimálnej rýchlosti na ceste a identifikácia vozidla, ktoré využívajú fuzzy logický expertný návrh.

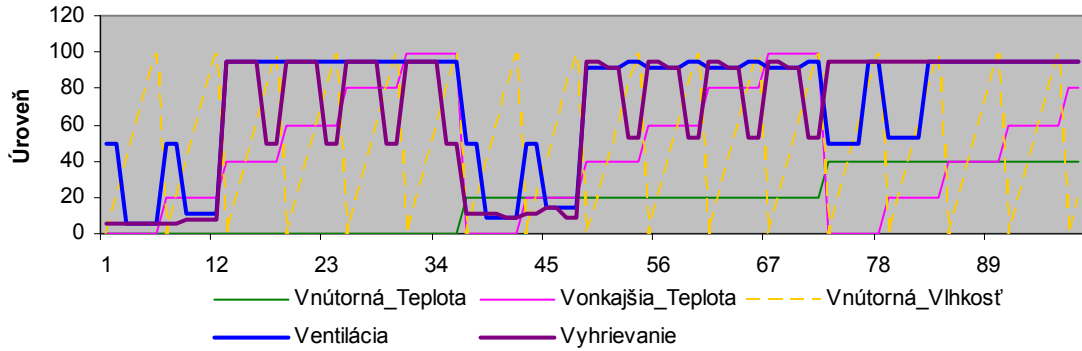
Pre robotické vozidlo boli navrhnuté nasledovné expertné algoritmy využívajúce princípy fuzzy logiky:

- fuzzy logický algoritmus robota vyhýbajúceho sa prekážkam,
- fuzzy logický algoritmus robota sledujúceho stenu,
- fuzzy logický algoritmus sledujúci susedné vozidlo,
- fuzzy logický algoritmus udržiavajúci odstup medzi vozidlami,
- fuzzy logický algoritmus sledujúci porast.

Návrh fuzzy riadenia klímy pomocou vykurovania a ventilácie

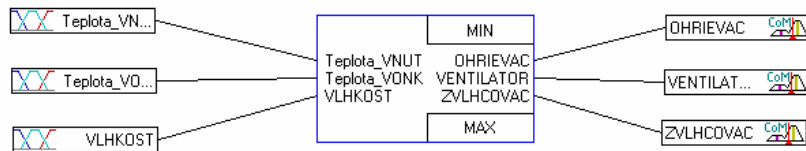


Obrázok 4 Štruktúra fuzzy systému

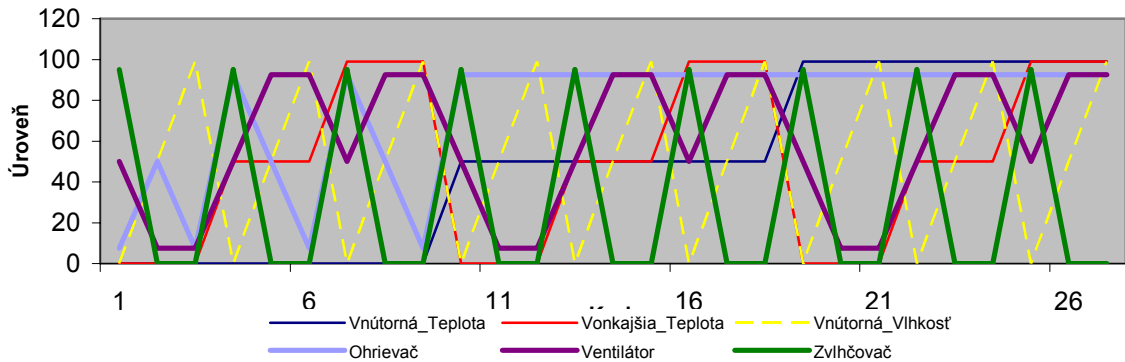


Obrázok 5 Priebeh výstupu na základe rozmiataných vstupných hodnôt

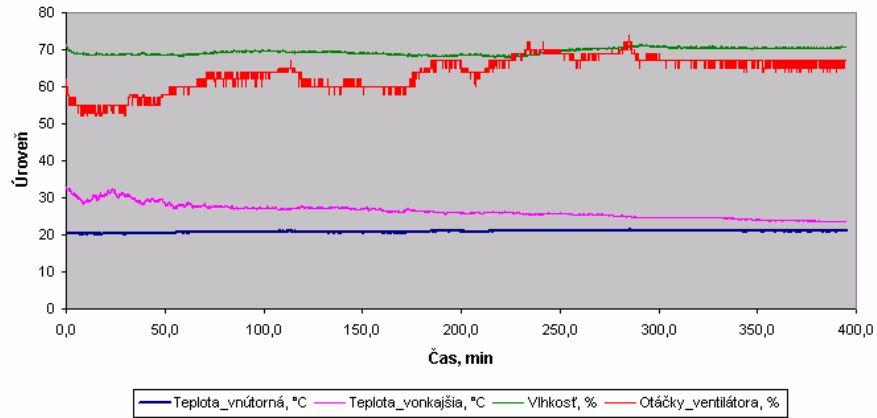
Návrh fuzzy riadenia klímy pomocou vykurovania, ventilácie a zvlhčovania



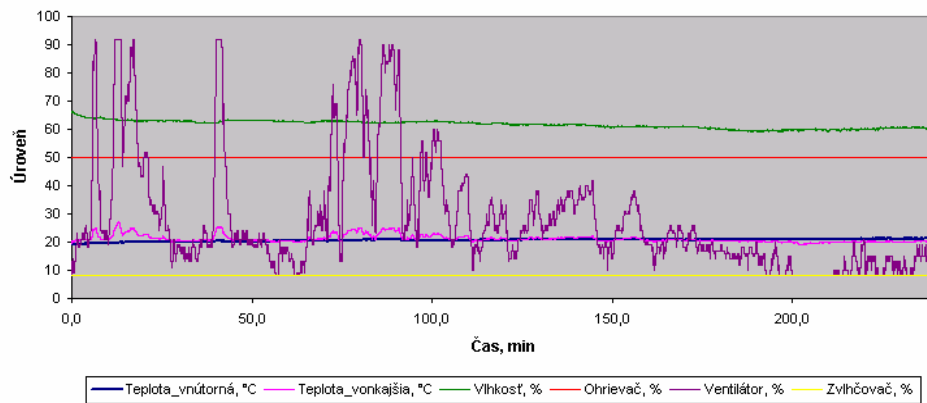
Obrázok 6 Štruktúra fuzzy systému



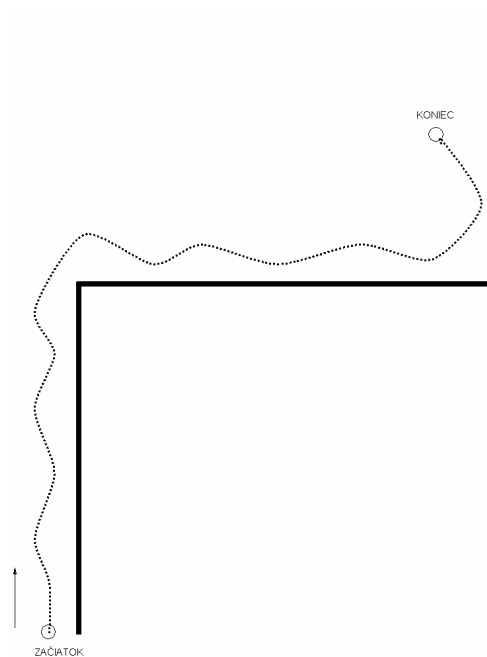
Obrázok 7 Priebeh výstupu na základe rozmiataných vstupných hodnôt



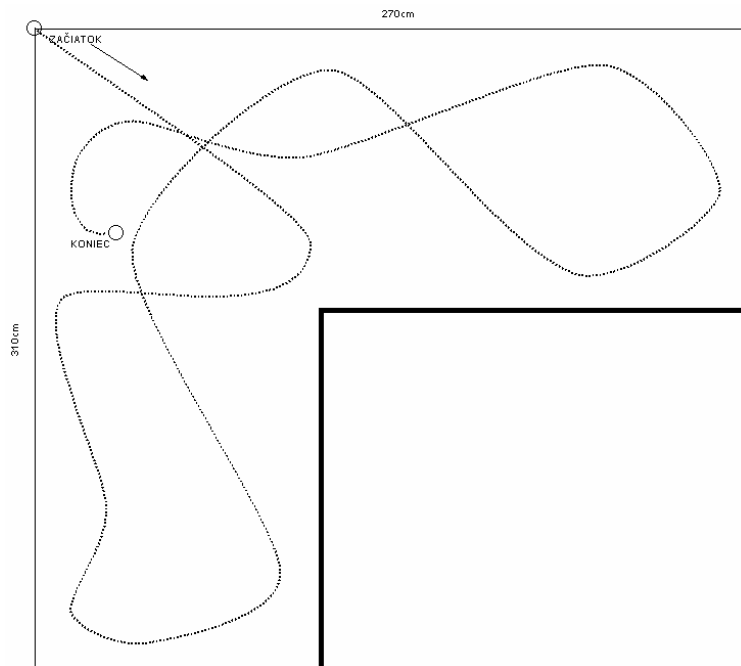
Obrázok 8 Priebeh vstupných a výstupných hodnôt pri fuzzy riadení ventilácie miestnosť



Obrázok 9 Priebeh vstupných a výstupných hodnôt pri fuzzy riadení vykurovania, zvlhčovania a ventilácie - miestnosť



Obrázok 10 Trajektória jazdy vozidla – sledovací algoritmus steny



Obrázok 11 Trajektória jazdy vozidla – vyhýbanie sa prekážkam

Z Á V E R

Dizertačná práca má interdisciplinárny rozmer kvôli množstvu preštudovaných aktuálnych literárnych prameňov, z ktorých niektoré boli viac alebo menej mimo predmetu fuzzy logiky. Výber sa orientoval na tri hlavné skupiny. Prvá skupina bola zameraná na články týkajúce sa fuzzy teórie a modelovania a neurónových sietí. Druhú skupinu tvoril najmä výber zdrojov popisujúcich konkrétne fuzzy algoritmy, ktoré by mohli byť aplikovateľné na sústavách vyskytujúcich sa v poľnohospodárstve. Posledná skupina sa okrajovo zaoberala špeciálnymi postupmi ako fuzzy zhľukovanie a fuzzy kongitívne mapy, ktoré môžu nájsť významné uplatnenie pri získavaní vhodných údajov na pozícii pedspracovania.

Podarilo sa vytvoriť dva typy automatík, ktoré môžu byť východiskovými prvkami pre ďalší rozvoj uplatnenia fuzzy logických techník do budúcnosti. Dané automatiky umožňujú pripojenie širokej škály snímačov potrebných neelektrických veličín vysokej presnosti s číslicovým rozhraním a disponujú zdieľaním údajov cez viacero štandardných zberníc. Ich výber sa orientoval na použitie moderných inteligentných typov, kde je okrem senzora integrovaný a kalibrovaný prevodník s číslicovým rozhraním. Podporované je aj spracovanie spojitej zmeny výstupného napätia snímača na základe zmeny snímanej neelektrickej veličiny. Výstupné akčné

zásahy z automatiky sú potom smerované k pripojeným dostupným akčným členom, ktoré musia byť schopné ovládania na základe zmeny triedy pulzne-širokovej modulácie pripojenej na vstup. Vývoj zariadenia napredoval s rozširujúcim informačným obzorom a tak po prvej konštrukcii orientujúcej sa na spojenie s programom MatlabTM-Simulink^R vzápätí vznikol ďalší progresívnejší typ, umožňujúci okrem výrazného obvodového a parametrového rozšírenia aj bezdrôtový prenos údajov, čo smerovalo k neskoršej konštrukcii samostatného robotického vozidla a k bezdrôtovému prístupovému bodu pre osobný počítač na zber nameraných údajov a vysielanie akčných zásahov získaných výpočtovým riešením fuzzy algoritmu.

Fuzzy algoritmus tak dopĺňa celý reťazec a môže byť vytvorený vo vybraných prostrediach MatlabTM-Simulink^R alebo fuzzyTech^R, ktoré tvoria nadradený systém. Druhý typ je návrhovým systémom s vysokým stupňom interaktivity a s vysokou vstupno-výstupnou otvorenosťou. Táto schopnosť bola neskoršie využitá na vytvorenie samostatného riadiaceho programu so špecifickými parametrami, schopným zdieľať výpočtové operácie a to paralelne s programom cez takzvaný kanál RCU alebo cez skompilovaný fuzzy algoritmus využívajúci prístup do špeciálnej knižnice. Účelom takéhoto rozvrhnutia bolo získanie efektívneho návrhu, optimalizácie a spoľahlivosti celého reťazca počnúc od snímačov a končiac pri akčných členoch v sústave.

Na úspešný vývoj zmienenej automatiky boli potrebné poznatky z fyzikálnych princípov snímačov, mikrokontrolérov, vybraných analógových a digitálnych obvodov, výkonovej elektroniky, znalosti programovania vo Visual Basicu, jazyku C51 a mechatroniky. Na základe parametrov a výkonu bol vybraný vhodný typ obvodu mikrokontroléra, ktorý sa vyznačuje vysokou flexibilitou návrhu programového vybavenia a rýchlou spracovaním informácie. To umožnilo zrod druhého variantu riadiacej automatiky stierajúcej niektoré nedostatky z predchádzajúcich konštrukcií a umožňujúcej podstatne vyšší stupeň pripojiteľnosti.

Návrh fuzzy algoritmov sa sústreďoval na ich možnosť praktického použitia v poľnohospodárstve.

Bola vytvorená séria fuzzy logických algoritmov na riadenie klímy, osvetlenia a riadenia robotického vozidla. Príspevok fuzzy identifikácie významne rozširuje oblasť použitia uvedených algoritmov. Fuzzy riadenie klímy bolo skúšané na viacerých dostupných sústavách – komora, obytné priestory, skleníky. Model izolovanej komory bol identifikovaný na získanie prenosovej funkcie použiteľnej v simulácii na osobnom počítači.

Daná práca môže byť vhodným východiskom pre tvorbu ďalších progresívnych fuzzy a neuro-fuzzy algoritmov aplikovateľných do poľnohospodárskej praxe. Pred samotným nasadením je možné pomocou automatiky vykonať simuláciu na matematickom modeli a po odladení je možná praktická implementácia na konkrétnej sústave.

Svoje miesto zaujala téma navigácie v priestore, kde fuzzy algoritmus bude riešiť známe situácie ako napríklad vyhýbanie sa prekážkam a navigačná časť sa bude zaoberať priestorovou pozíčnou zložkou. V krátkom čase môže tak dôjsť k nasadeniu bezobslužných mobilných prostriedkov v teréne schopných pracovať v noci spolupracujúcich na efektívnom dosiahnutí stanovených úloh. Tieto prostriedky budú vzájomne spolu komunikovať a jednotlivé údaje ako úroveň paliva, výťažnosti, vlhkosť pôdy a zostávajúci pracovný čas, budú bezdrôtovo posielané užívateľovi na získanie okamžitého prehľadu o stave vykonávaných prác. Použitie vstupných surovín tak môže byť znížené do značnej miery kvôli zmenšenému prekrytiu medzi jednotlivými prechodmi stroja, napríklad pri sejbe alebo orbe. Na dosiahnutie tohto cieľa je potrebný ďalší vývoj a zdokonaľovanie inerciálnych snímačov a rekonštrukčných algoritmov použitých na navigáciu.

Dôležitým medzníkom práce bol prechod od návrhu a konštrukcie automatiky k vhodnému výberu a tvorbe samotných fuzzy algoritmov založených na princípe fuzzy logiky. Vhodným spojením vytvorených programových prostriedkov došlo k ich praktickému použitiu, čo nájde priame uplatnenie v praxi (riadenie klímy, pohybu vozidla, identifikácia, nahradenie konvenčných spôsobov - PID). Hlavným prínosom inteligentných technológií je úspora nákladov (energia), užívateľský komfort (učenie) a prístupný spôsob návrhu (lingvistika).

Tento výskum ukázal spôsob implementácie dostupných expertných znalostí alebo numerických vstupno-výstupných údajov na dosiahnutie vysokej kvality riadenia a identifikácie systémov vyskytujúcich sa v poľnohospodárstve.

POUŽITÁ LITERATÚRA

BABUŠKA, R.: Fuzzy Systems, Modeling and Identification. University of Technology, Delft, 1998, 31s.

BANKS, W., PATEL, A., ABDEL – KADER, S.: A Home Control System Based on Fuzzy Logic. In: Home Automation & Building Control. July 1995, s. 51 – 58.

- DAVIDOVÁ, O.:** Diagnostikování stavu objektu s využitím fuzzy logiky. *Automa – Teorie pro praxi*, č. 11, 2001, s. 52 – 55.
- DE MOL, R. M., WOLDT, W. E.:** Application of Fuzzy Logic in Automated Cow Status Monitoring. *American Dairy Science Association – Journal of Dairy Science*, Vol. 84, No. 2, 2001, s. 400 – 410.
- DOSKOČIL, E.:** Zařízení pro inerciální navigaci. In: *Bakalářská práce, ČVUT, Praha, 2006, 53 s.*
- DRAKE P., SIBIGTROTH J., VON ALTROCK C., KONIGBAUER R.:** Demonstration Model of fuzzyTECH^R Implementation on M68HC12. AN 1295/D, Chicago, August 1996, 12 s.
- FERREYRA – FUENTES, R.- SACRISTÁN, E.:** Fuzzy Control an Alternative For Applications of High Precision. *Instrumentation and development Special Issue, 1998, 6s.*
- GATES, R. S., CHAO, K., SIGRIMIS, N.:** Fuzzy Control Simulation of Plant and Animal Environments. *ASAE Meeting Presentation, Toronto, July 1999, 24 s. Paper No.: 993136.*
- HRUBÝ, D. - MINÁRIK, J.:** Využitie ultrazvuku pri meraní infiltrácie pôdy. In: *Acta technologica agriculturae*, roč. 1., č.2, 1998, s. 44-46. ISSN 1335-2555.
- HRUBÝ, D. - PAP, M. - LUKÁČ, O.:** Viackanálová registrácia teploty v potravinárskych prevádzkach. *Medzinárodný vedecký seminár Sekel 2003. ÚVZ Račkova dolina: 10. až 12. septembra 2003., s.161-164.ISBN 80-8069-225-4*
- HRUBÝ, D. - POKORNÝ, K.:** 2001. Aplikácie jednočipových mikropočítačov na automatizáciu merania. *Monografia. Nitra: SPU, 2001. 100 s. ISBN 80-7137-892-5*
- HRUBÝ, D.:** Využitie mikropočítača pri experimentálnom meraní neelektrických veličín: *Elektrotechnická ročenka 1988, Bratislava : ALFA, kap. 7.4, s.288-298.*
- JANTZEN, J.:** Design of Fuzzy Controllers. *Technical University of Denmark, Lyngby, September 1999, 27 s. Tech. report no. 98-E 864 (design).*
- JURA, P.:** Základy fuzzy logiky pro řízení a modelování. *VUTIUM Brno, 2003, 132s., ISBN80-214-2261-0*
- JURADO, F., SAENZ, J. R.:** Neuro – fuzzy Control in Biomass – based Wind – diesel Systems. *14th PSCC, Sevilla, June 2002, 7 s.*
- JURIŠICA, L., PALENČÁR, J.:** Behaviorálny prístup k riadeniu autonómnych mobilných robotov. In: *AT&P Journal, č. 2, 2000, s. 38 – 39.*

- KRATOCHVÍL, Z.:** Automatické vytváření pravidel pro znalostní báze metodami tzv. Soft – computing. VUT, Brno, 2001, 32 s. ISBN 80 – 214 – 1926 – 1. ISSN 1213 – 4198.
- KULJACA, O., TEŠNJAK, S., VUKIC, Z.:** Fuzzy Logic Based Control of Isolated Termo Power Systems. IFAC, 1999, 7 s.
- LUKÁČ, O. - HRUBÝ, D.:** Simulácia dynamického systému plášťového výmenníka tepla. In: Acta technologica agriculturae, roč. 6., č.4. 2004 s.98-100. ISSN 1335-2555..
- MODRLÁK, O.:** Fuzzy řízení a regulace. Liberec: Technická Univerzita v Liberci, 2002, 25s.
- MODRLÁK, O.:** Nelineární systémy. Liberec: Technická Univerzita v Liberci, 2003, 38 s.
- MODRLÁK, O.:** Základy číslicového řízení. Liberec: Technická Univerzita v Liberci, 2003, 27s.
- NAVARA, M. – OLŠÁK, P.:** Základy fuzzy množin. Praha: ČVUT, 2001, 29s.
- NĚMEC, Z.:** Prostředky automatického řízení – elektrické. Ústav automatizace a informatiky VUT, Brno, 2002, 39 s.
- PIVOŇKA, P. – BLAHA, P.:** Comparative Analysis of Classical and Fuzzy PID Control Algorithms. Brno: VUT, 1999, 6s.
- PIVOŇKA, P.:** Vyšší formy řízení. Brno: VUT, 2002, 74s.
- POLANSKÝ, M.:** Moderní principy fuzzy modelování nelineárních soustav. VUT Brno, 2004, 8s.
- RIBEIRO, M. I., LIMA, P.:** Kinematics Models of Mobile Robots. Instituto Superior Técnico, Lisboa, April 2002, 16 s.
- SICAT, R. S.:** Integrating Farmers' Knowledge in a Gis for Land Use Planning. International Institute for Geo – Information Science and Earth Observation, Enschede, March 2003, 109 s.
- ZADEH, L.A.:** Fuzzy Sets. Information and Control 8, 1965, s. 338-353.

PUBLIKOVANÉ PRÁCE SÚVISIACE S PROBLEMATIKOU

- AMRICH, M. – HRUBÝ, D.:** Automatické fuzzy logické riadenie robota. časopis Acta technologica agriculturae, 2007, ISSN1335-2555, (v tlači)

AMRICH, M. – HRUBÝ, D.: Bezdrôtová sériová linka cez rozhrania RS232 a USB, Praktická elektronika číslo 6, 2007, ISSN1211-328X

AMRICH, M. – HRUBÝ, D.: Impulzné meranie neelektrických veličín počítačom. Študentská konferencia MF SPU, 2002

AMRICH, M. – HRUBÝ, D.: Možnosti simulácie a návrhu fuzzy riadiacich algoritmov. In: International Professional Seminar Topical Questions of Instruction of Electrical Engineering Subjects at Faculties with Non-electrical Orientation“ *SEKEL '06*. September 12 – 14, 2006, Vrátna, Slovakia. s. 29-33. ISBN 80-8070-584-4.

AMRICH, M. – HRUBÝ, D.: Obojsmerný prevodník USB na RS232, RS485 a UART, Praktická elektronika, č.11 2006, ISSN1211- 328X

AMRICH, M.: Jednoduchý komunikačný FM vysielač. časopis Konstrukce-Technika-Elektronika č.6, 2005, ISSN1212-3730

AMRICH, M.: Meranie a riadenie s PC. časopis Praktická elektronika č.5, 2005, ISSN1211-328X

AMRICH, M.: Návrh a simulácia fuzzy logického regulátora pre riadenie teploty tepelne izolovanej sústavy. časopis Acta Electrotechnica et informatica č.2, 2005, ISSN1335-8243,

AMRICH, M.: Priame meranie so sériovým portom a portom joysticku (Game). Praktická elektronika č.6, 2005, ISSN1211-328X

AMRICH, M.: Technická diagnostika objektu s využitím fuzzy logiky. časopis Strojírenská Technologie č.1, 2005, ISSN1211-4162

AMRICH, M.: Vysokofrekvenčný FM vysielač s PLL. časopis Konstrukce-Technika-Elektronika č.5, 2005, ISSN1212-3730

HRUBÝ, D. – AMRICH, A.: Spôsoby návrhu a optimalizácie fuzzy riadiacich algoritmov. In: Informační, řídicí a energetické systémy IRES'06. Sborník z mezinárodního vědeckého semináře 4.-6-9.2006. ČZU Praha. 2006. ISBN 80-213-1520-2, s.49-54.

HRUBÝ, D. - AMRICH, M. - LUKÁČ, O.: Návrh fuzzy riadenia ventilácie v uzavretom chovnom priestore. časopis Acta technologica agriculturae č.1, 2005, ISSN1335-2555

HRUBÝ, D. – AMRICH, M. - LUKÁČ, O.: The Computer Simulation of the Fuzzy Control System at Closed Loop. In: II. International Scient Conference. Czech University of Agriculture in Prague, Technical Faculty. Prague, 20. – 22. September 2005 ISBN 80-213-1359-5, s. 66 – 71. Podiel 1.

HRUBÝ, D. - AMRICH, M.: Návrh a priama počítačová simulácia fuzzy riadiaceho systému v uzavretej slučke. časopis Acta technologica agriculturae č.2, 2005, ISSN1335-2555

HRUBÝ, D. - AMRICH, M.: Rekonštrukcia nelineárnej funkcie pri technickej diagnostike. In: 10. Medzinárodná vedecká konferencia, Kvalita a spoľahlivosť technických systémov, Sprievodná akcia Medzinárodného strojárskeho veľtrhu 2005 v Nitre 25.5. – 26.5. 2005, NITRA, ISBN 80-8069-518-0, s. 188 – 193.