

A projekt leglényegesebb eredménye a megelőző 4 éves OTKA projektben alapszinten kifejlesztett bakteriális és Levenberg-Marquard algoritmust használó, különböző előnyökkel rendelkező fuzzy modellidentifikációs eljárások ötvözésével keletkezett, mindkét modell előnyeit egyesítő hibrid modellidentifikációs technika és ezen alapuló algoritmus család kifejlesztése volt. Az új hibrid módszer sikeresen küszöbölte ki mindkét korábbi eljárás részleges problémáit, a viszonylag alacsony konvergencia sebességet, illetve az esetenként lokális optimumra vezető keresést. Az új eljáráscsaládot 3 jellegzetes, a szakirodalomból ismert mintaproblémán vizsgáltuk, és ezek kapcsán bemutattuk, hogy már az alapalgoritmus is lényegesen jobb eredményeket ad, mint a bakteriális, illetve Levenberg-Marquard módszer külön-külön, nem is említve a korábban alkalmazott más megközelítéseket, mint pl. a széles körben alkalmazott back propagation eljárás. A továbbiakban elemeztük az ilyen módszerrel létrehozott modellek pontossági és számítási bonyolultsági kérdéseinek összefüggését.

Általánosítottuk a fuzzy szabályalapú modelleket (mind az egyszintű, mind pedig a hierarchikus modelleket) fuzzy szignatúrák modellek irányában.

A kifejlesztett bakteriális memetik algoritmus az irodalomból ismert más hasonló közelítő optimalizációs eljárásoknál keresési ciklusszámban állapotváltozó számtól függetlenül lényegesen kedvezőbbnek bizonyult. Alacsony változó számnál azonban a teljes futási idő még viszonylagosan magas. Ezért az eljárást továbbfejlesztettük, három, az algoritmust gyorsító módosított változatra tettünk javaslatot. Ezek közül különösen a fuzzy szabályokban található trapéz alakú halmazok karakterisztikus pontjainak közvetlen kontrollját beépítő módosított BMA bizonyult kedvezőnek.

A bakteriális evolúciós algoritmust többrétegű távközlő hálózatokban a multicast problémákra alkalmaztuk sikeresen.

Külön tanulmányoztuk a fuzzy szabályalapú modellekkel rokon, B-spline alapú neurális hálózatok tanításában történő alkalmazás lehetőségét.

Megvizsgáltuk a fuzzy szignatúrák segítségével felépíthető modelleket, ezek kezelési algoritmusait, valamint alkalmazási lehetőségeiket. Kiterjesztettük a jól ismert és széles területen alkalmazott Mamdani-féle irányítási/következtetési algoritmust olyan fuzzy modellekre, ahol a szabálybázisokban és a megfigyelésekben

fuzzy szignatúra halmazok és fuzzy szignatúra értékek szerepelhetnek a korábban használatos egyszerű fuzzy halmazok és crisp értékek helyett. Ezzel metodikailag megmutattuk az általánosabb következtetési algoritmusok szignatúrák kiterjesztésének a lehetőségét is. Komplex modell típust vezetünk be a fuzzy szignatúrák és a kognitív modellezés hibridizációjával, melyet komplex döntéstámogatásra alkalmaztunk. Fuzzy szignatúrákra és döntési fákra alapozva bevezettük a kontextusfüggő rekonstruktív kommunikáció modelljét, majd az irodalomból ismert kooperatív robotalkalmazási példán bemutattuk az új módszer hatékonyságát. Megvizsgáltuk a fuzzy szignatúrák algoritmikus és alkalmazási szempontjait. A Mamdani algoritmust általánosítottuk fuzzy szignatúra-fák és halmazértékű fuzzy szignatúrák esetére is.

A fuzzy szignatúrák algoritmikus alkalmazását tényleges gyakorlati rendszerben is megvalósítottuk, kis méretű autonóm mobil robotok mozgásirányításában, valamint a robotok kommunikációs és kooperációs rendszerének felépítésében (ezen belül az ún. kódkönyv felépítésében). Vizsgáltuk a hierarchikus szignatúrák modellek valós zajos adatokon való alkalmazásának a kérdését. Külön megvizsgáltuk a szignatúra súlyok automatikus tanulásának a lehetőségét.

Hallgatói közreműködéssel szoftverrendszert implementáltunk, amely különböző hagyományos és interpolatív fuzzy szabály bázisos modelleket valósít meg. E rendszer segítségével szimulációs vizsgálatokat végeztünk a különböző fuzzy következtetési algoritmusok összehasonlítására.

A hierarchikus fuzzy modellek gyakorlati implementációs szempontjából tovább fejlesztettük a már meglévő intelligens közlekedésilámpa-irányítási szoftvert. Jelenleg tetszőleges topológiájú és számú kereszteződésből álló hálózatot tudunk kezelni.

Érintőlegesen foglalkoztunk a környezeti rendszerek fuzzy szabályalapú modellezésének gyakorlati lehetőségével is.

Megkezdjük annak vizsgálatát, hogy a fuzzy szabálybázisos modellek milyen eredménnyel alkalmazhatók közlekedési menetrend-konfliktusos szituációk kvázi-optimális irányítására. A kezdeti eredményeket kiterjesztettük egy teljes állomás menetrend konfliktusainak kezelésére. Ennek érdekében a korábbi tisztán fuzzy szabályalapú döntési rendszert kiegészítettük egy iteratív döntést lehetővé tevő szimbolikus komponenssel is.

A kutatás keretében megvizsgáltuk a fuzzy számok exponensként történő alkalmazásának lehetőségét a Kano-féle minőségmodell általánosításában. Az exponens optimalizálására a BMA eljárást alkalmaztuk sikerrel.

Megvizsgáltuk egy közismert NP-teljes feladat (az utazó ügynök probléma) közelítő megoldásának lehetőségét a BMA eljárás család segítségével. A kezdeti eredmények ígéretesek, egy, a Georgiatech által publikált referencia problémát viszonylag rövid ciklusidő alatt kb. 0,3% költséghibával sikerült optimalizálni.

A vizsgált evolúciós és gradiens alapú optimalizációs, illetve tanuló módszerek mellett új vizsgálati irányt nyitottunk a korábban már tanulmányozott fuzzy flip-flopok vizsgálatának igen széles körű kiterjesztésével. Elemeztük a különböző műveleti definíciókon alapuló fuzzy flip-flopok viselkedésének elemzését és kiválasztottuk azokat a műveletcsaládokat, amelyek segítségével a J-Q karakterisztika szigmoid jellegűvé válik. Ezzel meghatároztuk a fuzzy flip-flopok több családját, melyek alkalmassá tehetők tanuló tulajdonságú neurális hálózatok konstrukciójára. Az ilyen elemekből felépített neurális hálózatok jó függvény approximációs tulajdonságot mutattak. Teljesen újszerű eredményeket értünk el a fuzzy elemekből létrehozott többretegű perceptronok approximációs tulajdonságainak vizsgálatában. Kimutattuk, hogy egyes fuzzy műveletcsaládok igen jó approximációs pontosságot tesznek lehetővé. Az egyes parametrikus műveletcsaládoknál a BMA eljárást alkalmaztuk a paraméterek (kvázi-) optimalizálására.

A projekt időszak elején alternatív modellezési technikaként megvizsgáltuk a tenzorszorzaton alapuló nem-lineáris megközelítést is, melynek korábbi motivációja az interpolatív fuzzy modellek irányából jött.

Eredményeinket folyamatosan publikáltuk, folyóiratcikkekben és könyvrészekben is, a szakterület két nagy világkongresszusán (IFSA WC, WCCI illetve FUZZ-IEEE, valamint más nemzetközi és regionális konferencia kiadványokban. A projektidőszak teljes publikációs statisztikája a következő: 8 folyóiratcikk (3 db impakt faktoros), 3 könyvrészlet, 41 konferenciacikk (döntő többségük SCI indexelt).