

**Tools for Efficient Soft Computing Modelling and Feasible Optimal Control of Complex Dynamic Systems,  
with Application to Multi-Rotor Unmanned Aerial Vehicle Navigation and Obstacle Avoidance**

**Nemes Attila**

**Doktori értekezés – összefoglaló**

Az értekezésem középpontjában összetett dinamikával rendelkező mechanikai rendszerek állnak; a pilóta nélküli légi járművek, csakúgy mint a robotkarok ezek tipikus képviselői. A négy rotoros kopter egyszerű mechanikus konstrukciója, jó manőverező képessége, jó hasznos teher szállítási lehetőségei miatt napjaink népszerű kutatási célpontja. Legnagyobb hátrányát a viszonylagosan jelentős energia igénye, és nehéz irányíthatósága jelenti. Ennek ellenére már napjainkban is bizonyított, hogy a kopterek számos funkciót képesek ellátni főleg a megfigyelés és térképezés, illetve a logisztika területén is. A rendszerszintű analógiájuk mentén a robotkarok több évtizedes kinematikai és dinamikai jellemzőinek tanulmányozása hatékonyan felhasználható a kopterek irányításában. Az úgynevezett lágy számításon alapuló, mesterséges intelligenciához köthető eljárások hatékonysága jól alkalmazható bonyolult, bizonytalanságokkal terhelt feladatok megoldására.

Ez a dolgozat egy hatékony új eszköztárat mutat be többrotoros légi járművek (kopterek) fejlett irányító rendszer és pálya tervezéséhez. Egy hatékony, autonóm, akadályok elkerülésére képes navigációs rendszerhez gyors, direkt módon kiszámítható, energia- és idő-hatékony (‘optimális’), de egyben megvalósítható – a rendszer által követhető - trajektória tervezésre van szükség. Egy hatékony, valós környezetben helyálló automatikus irányító rendszer megvalósításához célszerű a bizonytalanságokat jól kezelő adaptív rendszer modellre támaszkodni. Robusztus fuzzy rendszerek tervezéséhez hatékony globális, és nagy pontosságú optimalizációs, illetve kereső eljárásra van szükség.

A disszertációm első részében új módszereket mutatok be, melyek segítségével a több kritériumú keresések, vektor összehasonlító operátorok és rangsorolások hatékonysága növelhető. Az új módszerek hatékonyságát számos, igényes matematikai elemzéssel konstruált, evolúciós algoritmusok számára nehezen bejárható több dimenziós tereken mutatom be, jól ismert, széles körben kutatott alap genetikus algoritmus kiterjesztésével.

A második részben egy új módszert mutatok be, melynek segítségével a fuzzy partíciókon alapuló rendszerek rugalmasan és egyszerűen használhatók univerzális függvény közelítésre. A módszer lényege, hogy a fuzzy partíciók paramétereit egy minimális számú, korlátok nélkül akár lineáris, akár nemlineáris vagy éppen sztochasztikus módszerekkel is hangolható egyszerű formában írni le. A nemlineáris összefüggésekben szereplő paraméterek közel optimális értékét először több kritériumú genetikus algoritmussal keresem meg, majd gradiens módszerrel finomhangolom. A genetikus algoritmus kritériumai minimalizálják a fuzzy identifikáció átlagos és maximális hibáját, s a fuzzy rendszer bonyolultságát is a tagsági függvények számának lehetséges csökkentésével, valamint maximalizálják a modell numerikus stabilitását a lineáris kontextusban szereplő paraméterek egyenleteihez tartozó kondíciós szám korlátozásával. A fuzzy rendszer lineáris paramétereinek hibanégyzet optimális meghatározására a szinguláris érték dekompozíciót használom. A módszer hatékonyságát számos jól ismert, széles körben kutatott identifikációs problémákon mutatom be.

A harmadik részben egy új módszert mutatok be, melynek segítségével olyan összetett dinamikájú rendszerek robusztus, fuzzy rendszer alapú modellje építhető föl, mint többek között a robot manipulátorok, a mobilis robotok vagy a szabadon repülő kopterek. A hat szabadságfokú kopterek repülés dinamikájának modellezéséhez a fuzzy rendszerek egy új kiterjesztését mutatom be, mellyel azok folytonossága és periodikussága garantálható. A módszer a robotikában jól ismert összefüggésekre támaszkodik, miközben megtartja fuzzy rendszerek bizonytalanság tűrő tulajdonságait, ám továbbra is alkalmazhatók a rendszer dinamika hagyományos elemzési módszerei; az állapot változók és azok idő szerinti deriváltjai explicite hozzáférhetőek maradnak. A módszer eredményeit kopterek és robotkarok dinamikai modelljének identifikációján keresztül is bemutatom.

Az negyedik részben egy új módszert mutatok be, melynek segítségével közvetlenül, iteráció mentesen, egyszerű zárt képletek felhasználásával tervezhető, a deriváltak előre meghatározott korlátain belül, idő- és energia hatékony trajektória paraméterezés. E módszerrel a rendszer (beleértve a szabályzót is) képességeinek megfelelő trajektóriák tervezhetők, melyek oszcilláció mentesen követhetők. A módszer eredményeit kopterek és 3D futódaru pályatervezésén is bemutatom.

Az ötödik részben egy új módszert mutatok be, melynek segítségével jelentősen és ellenőrzött formában lehet csökkenteni a fuzzy rendszerek oktató pontjainak számát, miközben az identifikáció eredményének minősége csak az előre meghatározott, jellemzően kis mértékben csökken. A módszer eredményeit kopterek repülés dinamikai modelljének fuzzy identifikációjához használt oktató pontok redukációján mutatom be.