

Bírálói vélemény

Németh Balázs

Analysis and Synthesis Methods for the Optimal Design of Control Systems in Automated Vehicles

(Analízis és szintézis módszerek automatizált járművek irányítórendszereinek optimális tervezéséhez)

című MTA doktori munkájáról

A Jelölt angol nyelven írt doktori munkájában járműrendszerek olyan robusztus irányítása tervezéséről értekezik, amelyben tanulási eljárások is szerepet kapnak. A téma egyértelműen kurrens, az autonóm/automatizált járművekkel kapcsolatos kutatás a kutatási főirányok között van, ahogy az az 1. fejezetből is jól érzékelhető.

A bevezető fejezet a témaválasztást indokolja. Olyan kihívásokat vezet be a járműirányítás területéről, amelyek ma az érdeklődés középpontjában vannak, megoldásuk pedig új tudományos eredményeket és módszereket követelnek a rendszeranalízis és az irányításelmélet területéről. Ilyen probléma például a jármű lokális irányításának és a közlekedés globális jellegének kapcsolata, illetve a két jelenség eltérő jellegű modellezésének összekapcsolása. Másik kiemelt terület a különféle járművek (ember-vezette, automatizált) mozgásának biztonságkritikus és optimális összehangolása, de ide sorolható még a hihetetlen nagy számú, rendelkezésre álló mért adat felhasználásának lehetősége, vagy a felhasznált üzemanyag minimalizálásának igénye.

A Jelölt négy egymásra épülő tézisben ismerteti új tudományos eredményeit. A négy tézist a dolgozat egy-egy nagyobb részében bontja ki:

1. Robusztus irányítástervezési módszerek garantált minőségi jellemzők elérésére
2. Automatizált járművek energiaoptimális hosszirányú irányítása
3. Irányítástervezés automatizált járművek biztonságkritikus interakcióinak kezelésére
4. Analízis és szintézis módszerek automatizált járművek mozgásának forgalomban történő irányítására

A 2. fejezet rövid bevezetőjében a Jelölt összefoglalja a nem klasszikus irányítási architektúrák újonnan alkalmazott módszereit járműirányítási fókusszal. Ilyen módszerek a mélytanuló algoritmusok vagy a neurális hálózat alapú technikák. Valamennyi módszer lényege, hogy az automatizált járműirányítás valamely részfeladatát egyre hatékonyabban elvégezze. A bevezető konklúziója, hogy a minőségi jellemzőkre garanciát adó megoldást az újszerű tanuló eljárások és a modell alapú módszerek házasításaként el lehet érni. Így az első tézisben robusztus irányítástervezési módszereket ad, amelyek bizonyos minőségi jellemzőket garantálnak. Hierarchikus felépítésű, felügyelő rendszerű, modell alapú és tanulásra épülő, robusztus irányítási struktúrákat javasol, amelyekkel az előre definiált elsődleges, biztonságkritikus minőségi jellemzők garantáltan tarthatók, míg a másodlagos minőségi jellemzők tartására az előálló zárt rendszer törekszik. Elsődleges jellemző például a haladásra vonatkozó biztonságkritikus jellemzők, másodlagos jellemző például az energia minimalizálása. A probléma matematikailag egy többkritériumos irányítástervezési probléma. Két megközelítést alkalmaz: az első esetben a tanuló rendszer a referencia jel előállításában, a második esetben a beavatkozó jel előállításában vesz részt.

Kérdések:

- Kérem a Jelöltet, hogy a 2.2. vagy a 2.3. fejezetben megfogalmazott új tudományos eredmények illusztrálására mutasson be röviden egy egyszerű illusztratív példát.
- A modell alapú tervezés bemutatása kellően mély. A tanuló módszerekről azonban bővebben nem értekezik. Kérem, mutassa meg röviden, hogy kell elképzelni a módszerek alkalmazását a referenciajel és a beavatkozás előállításában.

A 3. fejezet rövid bevezetőjében bemutatja, hogy a járművek közötti, valamint a jármű és a közlekedési infrastruktúra közötti kommunikáció, amennyiben az rendelkezésre áll, előnyösen felhasználható az automatizált járművek irányítására. A második tézisben automatizált járművek olyan hosszirányú optimális prediktív irányítását célozza meg, amely energia-optimális működést tesz lehetővé, és amely figyelembe veszi a környezeti és közlekedési információkat, valamint biztosítja az előírt minőségi jellemzők garantálását. Ehhez a jármű előtt álló utat jól definiált szegmensekre kell bontani, amelyeken a jármű sebességének referenciáját a 3.1. fejezetben javasolt predikciós modell segítségével meg lehet határozni. Ez a sebességreferencia figyelembe vesz bizonyos, az úttal kapcsolatos körülményeket is. Súlyokat vezet be, amelyeket úgy optimál, hogy végeredményben minimalizálja a menetidőt és a beavatkozó jelet, azaz az energiát. A 4. fejezetben mindezt úgy viszi tovább, hogy az irányítás bizonyos biztonságkritikus minőségi jellemzőkre is garanciát ad. A bemutatott módszereket szimulációval és valós mérési eredményekkel is illusztrálta, és igazolta.

Kérdések:

- A 3.1.1. new result pontban miért nem fogalmazta meg, hogy a kidolgozott sebességprofil energia-optimális, miközben a 3.1. fejezet címe ezt mondja? A fejezetben ezt nem is hangsúlyozza, a 3.2.1. new result pont, azaz a 3.2. fejezet, végül a gondolatmenetet befejezi a súlyok optimalizálásán keresztül.

A harmadik tézisben az előzőekben bemutatott energia-optimális módszert általánosítja automatizált járművek biztonságkritikus interakcióinak kezelésére. Módszereket dolgozott ki járművek összehangolt irányítására kereszteződésben, amelyekben ember-vezette jármű is előfordul. Az első módszerben (5. fejezet) a korlátozásokat is tartalmazó optimalizálási feladat eredménye olyan áthaladási sorrend alkalmas sebességprofillal, amely a legkevesebb energiavesztést eredményezi. A 6. fejezetben bemutatott irányítási struktúrában egyszerű kinematikai modellt használva a robusztus irányítást a tanulás-alapú irányítással ötvözi, aminek eredményeképp minőségi jellemzőket garantáló irányítás jön létre. A tudományos eredményeket szimulációkkal igazolta.

Kérdések:

- Hogy lehet figyelembe venni azt a járművet, amelyről nincs pozíció és sebesség információ, mert például nincs jármű-jármű kapcsolat? Ha jól értelmezem, az első módszerben ez nem működik, a második módszer erre alkalmas lehet.
- Milyen számításigénnyel bírnak ezek a módszerek, ha a valósidejű megvalósítás is cél?
- A Jelölt szerint mikorra várható, hogy az infrastruktúra kiépítettsége lehetővé teszi ilyen modern algoritmusok alkalmazását az utakon?

A negyedik tézisben automatizált járművek mozgásának forgalomban történő optimális irányítására ad analízis és szintézis módszereket. A tézis három összefüggő területre koncentrálnak:

1. A 7. fejezetben autópálya-szakaszon végzett szimulációs eredményeire alapozva megállapítja, hogy az automatizált járművek forgalomban való arányának növekedése javítja a járművek összesített energiafogyasztásának jellemzőit, és ez a hatás nagyobb forgalomáramlás mellett jelentősebb. Ezt felhasználva paraméter-megválasztási stratégiát alkotott az energiaoptimális mozgásprofil megtervezéséhez.
2. A forgalomáramlás dinamikáját polinomiális rendszerként modellezi, és meghatározza az állapotter stabilizálható és irányítható tartományait.
3. Olyan modell alapú prediktív irányítási stratégiát dolgozott ki, amely autópálya felhajtók irányítását valósítja meg, automatizált járműveket feltételezve. Ehhez új forgalomáramlási modellt dolgoz ki, és olyan stratégiát javasol, amely maximalizálja a forgalomáramlást.

Kérdés:

- A fejezetben autópálya-szakaszokról mutatott eredményeket. A fejezet címe ennél általánosabb, emiatt adódik a kérdés, hogy az itt bemutatott módszereket hogy lehet átvinni a városi környezetben előforduló problémák megoldására?

Az összefoglalás és a jövőbeni tervek adják a 9. fejezetet.

A referenciák részben külön sorolja fel saját publikációit, illetve a felhasznált irodalmat, amely 174 tételt tartalmaz. A három függelék további információkkal szolgál.

Az angol nyelven írt dolgozat formája megfelelő, stílusa gördülékeny, olvasmányos, szépen szerkesztett, igényes műről van szó. A magyar nyelvű tézisfüzet a formai előírásoknak megfelelő, nagyban segíti a dolgozat feldolgozását.

A nemzetközi elismertséget tükrözi az MTMT-adatbázisban megtalálható 230 közleményre érkezett 600 feletti független hivatkozás, h=11 (Tud-o-Méter, MTMT - 2023. 10. 11.).

A Jelölt mind a négy tézisét új tudományos eredménynek fogadom el. Megítélésem szerint a doktori munka hiteles eredményekről számol be. Meggyőző a tézisek publikáltsága, az ezekre érkezett hivatkozások száma és a mű igényes kivitele.

A doktori művet nyilvános vitára alkalmasnak tartom, és javaslom a nyilvános vita kitűzését. Sikeres védelem esetén javaslom az MTA Doktora cím megadását.

Győr, 2023. 10. 11.



Kuczmann Miklós

az MTA Doktora