

## **Szakmai beszámoló**

### **az OTKA F 060909 számú kutatási projektről**

#### **Előzmények**

A közlekedési folyamatok vizsgálata során a közlekedésbiztonság számos nemzetközi, európai és országos munkacsoport fő kutatási területe lett. Ezzel együtt a figyelem fokozatosan a közlekedés legkevésbé kiszámítható elemére, a közlekedő emberre irányult. A járművezető viselkedése, észlelési, helyzet- értelmezési és döntési folyamata, elkövetett hibáinak elemzése lett az új elméletek kiindulási pontja – merőben új szemléletet teremtve. A közlekedési folyamatok modellezésében, a szimulációs programok fejlesztésében is egyre nagyobb szerepet kapott az ember által elkövethető hiba, a valós és szimulált forgalom összevetése. A létező megoldások, a nyitott kérdések áttekintése szükségszerűvé vált a kapcsolódó tudományterületek bevonása előtt.

#### **Elért eredmények rövid ismertetése**

A kutatás során megvizsgáltuk a jelenleg elérhető szimulációs programokat, elemeztük az emberi tényező megjelenési módját a szimulációs során, az emberi hiba definícióját és a számításhoz használt statisztikai módszereket, és a számítási eljárás alapjául szolgáló adatbázisokat.

A széleskörű irodalomkutatási eredmények összegzése után a kutatás során létrehoztunk egy olyan, a jelenlegi forgalmi szimulációs modellhez illeszkedő szoftvert, amely becslést ad az emberi hiba valószínűségére egy kiválasztott forgalmi helyzetben. A szoftver valós mérések alapján ad becslést arra, hogy milyen valószínűséggel haladnak be a járművezetők a jelzőlámpás forgalomirányítású csomópontba a piros jelzés ellenére. A szoftver alapul veszi a VISSIM szimulációs környezetben megépített, jelzőlámpás csomóponton áthaladó forgalom jellemzőit, valamint a valós mérések adatait. A kutatás a szerződésben rögzített feltételeknek megfelel.

A pályázatban megadott munkatervnek megfelelően a kutatás során elvégzett munkarészek és eredményeik:

#### **1. Irodalomkutatás 1 – 4 negyedév**

- Számos párhuzamos kutatás vizsgálja az emberi tényezőt, többségük az ember viselkedését vizsgálja és igyekszik leírni (szemmozgás, vérnyomás, szorítóerő). A kiépített rendszerek az észlelt értékek változása alapján következtet a járművezető figyelmének állapotára.

- A modellalkotást célul kitűző programok az emberi döntéshozás menetét közelítik, ezt próbálják beépíteni a meglévő modellekbe.
- Gyakran az elkészült modellek egyetlen probléma megoldására koncentrálnak, egyedi módon megoldva a felvetett (közérdekű) problémát.
- A legtöbb emberi tényezőt vizsgáló kutatás speciális tesztautót, virtuális teret, vagy mindkettőt használ a mérési adatok előállításához.

Megállapítás: az emberi tényezővel nagyon sok kutatás foglalkozik, ipari konzorciumok és kutatóintézetek fő témája számos tudományterületen, így a közlekedés és az informatika területén is. A közlekedésben megjelenő emberi hiba modellezésével foglalkozó kutatások száma mindkét tudományterületen igen alacsony.

## 2. Forgalmi modellek áttekintés 1 – 2 negyedév

- A forgalom-szimulációs programok az emberi döntési folyamatot eltérő fontossággal és különböző elvi megoldással kezelik.
- Számos kis, nyílt forráskódú szimulációs program létezik, azonban ezek a programok nem váltak széles körben ismertté, alkalmazottá.
- A nagy volumenű, ismert a kereskedelemben kapható, gyakran használt programok felépítése, programozási részletei csak nagy vonalakban ismerhető meg.
- Egy párhuzamosan futó kutatás (OTKA F046726) megállapította, hogy a felépített, működő programokban a már beépített „reakcióidő” paraméter lehet alkalmas az emberi bizonytalanság kérdéskörének kezelésére.

Megállapítás: a vizsgált programok felépítésében a járművezető döntéseit egy vagy több számérték adja meg, mely a szimuláció során időben nem változik. A programok nem foglalkoznak a hibás döntés kezelésével.

## 3. Modellek csoportosítása 2 – 3 negyedév

- A szimulációs modellek többsége csak egy vagy a nagyobb modellek néhány probléma-csoport kezelését és megoldását tartalmazzák. A felvetett kérdésköröknek csak egy kis része vonatkozik a járművezető döntéseinek kimenetelére, vagy döntésének helyességére. A programokban kidolgozott megoldások sajnos nem (vagy csak ritkán) tudnak egymással együtt dolgozni, és a megoldáshoz használt programnyelvek is különbözőek.
- A kis projektek keretében felvetett problémák és a fejlesztett megoldások igen széleskörűek, azonban az alkalmazott nyelvek különbözősége és egyedi sajátossága miatt a megoldások elvi háttere nehezen összevethető.
- A széles körben használt programok számos olyan jelenséget tartalmaznak, amelyek a valós életben balesetet jelentenek. Ezek a programozási folyamat egyszerűsítése, vagy a számítógépek korlátai miatt szerepelnek a programokban.

Megállapítás: A létező programok megoldásai nem vethetők össze – a felvetett problémák különbözősége miatt. A vizsgált modellek számítástechnikai okok miatt megmaradó „hiányosságai” (például a kanyarodó jármű sebessége, vagy a keresztezésben egymáson áthaladó járművek) gyakran hibás emberi döntéseket jelentenek a valóságban. Ennek számításba vétele, vagy kezelése nem része a kutatásnak.

#### 4. Modellstruktúra választása 3 - 5 negyedév

- Európában az egyik legelterjedtebb szimulációs program (VISSIM) a szimulációs folyamat során minden járműnek ad egy „emberi képességeket leíró” jellemzőt (meghatározott szabályok szerint), mely jellemző a szimuláció során állandó marad.
- A VISSIM-ben a bemenő adatként megadható a forgalom fő csoportjainak (járművezető, kerékpáros, gyalogos) jellemző viselkedése, és ezek egymásra gyakorolt hatását a program mozgásfajtánként szimulálja. Tehát a modellezett viselkedés közelít az embertől elvárt „hibátlan” megoldásra.
- A forgalmi modellek áttekintése során egy párhuzamosan futó kutatás eredménye megmutatta, hogy a felépített, működő programokban a már beépített „reakcióidő” paraméter lehet alkalmas az emberi bizonytalanság kérdéskörének kezelésére. Végül ezt a lehetőséget elvetettük, mert az elérhető mérési adatok, az irodalomban publikált, reakcióidőre vonatkozó matematikai összefüggések sajnos nem adtak elegendő alapot egy „biztonságközpontú” szoftver elméleti háttéréhez

Megállapítás: a kutatás során alapvető célkitűzés, hogy a végeredmény használható legyen a napi gyakorlatban. Mivel a kereskedelemben kapható szoftverek nem nyílt forráskódúak, a nyílt forráskódú programok viszont nem elterjedtek, úgy döntöttünk, az általunk készített szoftver egy már létező és elterjedt szimulációs program (VISSIM) kimeneti eredményeit veszi alapul.

#### 5. Paraméter választás 4 - 6 negyedév

- A folyamat során megvizsgáltuk azokat a számszerűsített információkat, amelyeket egy futtatott szimuláció végén a VISSIM program megad. A lehetséges 22 adat közül öt hozható összefüggésbe a vezető döntésével (utazási idő, idővesztés, sorképződés, szabálytartás, sávváltás)
- Az utazási időre és idővesztésre vonatkozó irodalom elsősorban ezen változók becslésével foglalkozik, és jellemzően a forgalom nagyságával vagy egyéb egyértelműen meghatározható forgalmi jellemzőből indul ki.

Megállapítás: A VISSIM szimuláció után kinyerhető adatok alkalmasak arra, hogy létrehozzunk egy olyan számszerűsített paramétert, ami összefügg a forgalmi szituációban a járművezető viselkedésével. A rendelkezésre álló adatok alapján végül a szimulált helyzetben adódó konfliktusok számának meghatározását választottuk a szoftver „alapparaméterének”.

A VISSIM szimulációt gyakran használják egy csomópont lehetséges kialakításainak összehasonlítására – érdekes lenne megvizsgálni a szimulált és a valós forgalom „biztonságát”. Ezért a további részletes vizsgálatra alkalmas forgalmi szituációt úgy választottuk ki, hogy teljesüljenek az alábbi feltételek:

- a forgalmi mozzanat szerepeljen a szimulációs modellek leírásában
- egyetlen „cselekvő” ember vegyen részt

A feltételeknek megfelelő, kiválasztott „Jelzőlámpa előtti megállás” könnyen megfigyelhető, gyakran előforduló, egyszerű mozzanat, alkalmas a további részletes statisztikai vizsgálatokra.

#### 6. Paraméter becslés 5 - 8 negyedév

- A konfliktusok számának meghatározására mind amerikai mind európai kutatóintézetek számos modellt fejlesztettek ki. A számításhoz szükséges adatok elérhetők vagy egyszerű átalakításokkal meghatározhatóak a VISSIM kimeneti adataiból.
- A VISSIM sávváltási és sorképződési jelenséget leíró formulái számításba veszik a járművezető viselkedését.
- A vezetők szabálytartási hajlandóságát a gyorsajtásra – mint viselkedésre – irányuló kutatások írták le részletesen, számos pszichológiai és szimulációs vizsgálat alapján.
- A balesetek valószínűségét leíró kutatás meghatározta azt a kilenc fő tényezőt, amelyek megléte döntő a hibák bekövetkezésében. Az egyes elemek közötti összefüggést (és erősségét) is vizsgálták.
- Az emberi hiba – mint a tervezési biztonságot befolyásoló jelenség – számos mérnöki területen megjelenik. Az emberi hiba valószínűségét leíró irodalom igen széles, a módszerek igen sokfélék.

Megállapítás: A szakirodalom a közlekedési konfliktusok számának meghatározására elegendő mennyiségű eljárást publikál, és a legújabb kutatások az egyes időszakosan változó paraméterek egymásra hatására is adtak közelítő számításokat. Az emberi hiba valószínűségének meghatározása alkalmas arra, hogy a tervezési folyamatban a biztonság kérdését kezeljük, de az elérhető eredményeket és eljárásokat alapvetően meghatározza a kiindulásul szolgáló adatbázis. A VISSIM kimenő adatai alapján a szimulált forgalmi szituációban előforduló járművezetői hibák számára adható becslés.

#### 7. Becslési eljárás beépítése (a szoftver megépítése) 7 - 10 negyedév

- A szoftvert egy egyszerűen vizsgálható forgalmi helyzetet alapul véve építjük és teszteljük. (Ez a forgalmi helyzet a pirosra váltó jelzőlámpa előtt megálló autók.)
- A folyamatot leírtuk a szimulációs modellek által ismert leíró nyelv (UML) segítségével és a folyamatábrába beépítettük a lehetséges emberi döntési pontokat.

- Az emberi hiba meghatározása – az adott közlekedési szituációban. (Jelen helyzetben a járművezető szándékosan hibázik, ha áthalad a piros jelzésen; vagyis a sárga jelzés felvillanásakor döntési helyzetbe kerül a vezető: és úgy dönt, akkor sem fékez, ha még meg tudna állni a felállóvonalig. A döntési helyzetben szándékosan hibát vétő járművezetők viselkedését pedig agresszív járművezetői magatartással azonosítjuk.)
- A döntési helyzetbe kerülő járművezetők és az agresszíven viselkedők arányából következtetni lehet a csomópontba behaladó járművezetők viselkedésére, és a hiba arányára.
- A forgalmi szituáció rögzítése valós forgalom mellett videokamerával és a mért adatok értékelése, adatbázisba rendezése. A videofelvételek alapján megszámláltuk a sárga és piros jelzésen áthaladó járművek számát, így meghatározható az emberi hiba tapasztalati valószínűsége.
- A Bayes módszerrel meghatároztuk a döntési helyzetbe kerülő járművezetők arányát és a definíció szerinti emberi hiba elméleti valószínűségét is, majd és összevetettük a mért eredményekkel.
- Az agresszív járművezetői viselkedés – vagyis az emberi hiba – valószínűségét meghatároztuk a VISSIM szimuláció kimenő adatai alapján is.

Megállapítás: A megépített szoftver egyetlen forgalmi helyzetben adja meg a definíció szerinti emberi hiba valószínűségét. A továbbfejlesztéshez különböző forgalmi helyzetekben előforduló emberi hibák pontos definíciója és a valós adatokból meghatározott tapasztalati valószínűségek szükségesek.

#### 8. Ellenőrző vizsgálatok 9-12 negyedév

- A videofelvételeken rögzített csomópontokat (egyező geometriai kialakítással és forgalmi feltételekkel) megépítettük VISSIM környezetben is.
- A videofelvételek alapján rögzített adatbázis és a szimulált forgalomáramlást leíró adatbázis alapján meghatároztuk az agresszíven viselkedő járművezetők arányát és az emberi hiba valószínűségét.

Megállapítás: Az emberi hiba elméleti és gyakorlati valószínűségére kapott érték jól tükrözte a valós és a szimulációs környezet különbségét. A mérés alapján kapott értékek – bár magasak – a valós helyzetet jellemzik.

#### 9. Eredmények publikálása 10-12 negyedév

A kutatási folyamat lépéseit, elért részeredményeit folyamatosan publikáltuk nemzetközi és hazai fórumokon. A kutatás 3 éve alatt összesen 8 publikáció született. A 6 külföldi konferencia-kiadvány, egy hazai idegen nyelvű cikk, egy hazai előadás mellett a NICE on RoadS project keretében megjelenő – jelenleg előkészítés alatt álló – közlekedésbiztonsági kutatásokat bemutató könyvben is szerepelni fog a kutatás eredményeit bemutató cikk. A

választott terület több kutatási területet is érintett (informatika, közlekedésbiztonság, szimuláció) így a kialakuló szakmai beszélgetések is több oldalról közelítették a bemutatott eredményeket, problémákat. A konferenciákon bemutatott részeredményekre kapott észrevételek, megjegyzések nagyon hasznosak voltak a kutatási folyamat előrehaladásában.

### **A kutatás értékelése**

Az elvégzett hároméves munka során egyetlen forgalmi helyzetre dolgoztuk ki a valós és szimulált forgalom közlekedésbiztonsági összevetésére alkalmas szoftvert. A folyamat során tett megállapítások, alkalmazott eljárások és a hasonló témájú, párhuzamosan futó kutatásokkal tett egyeztetések és tapasztalatcserek alapján a kutatás jó alapot nyújt az emberi tényezővel és a közlekedési modellekkel foglalkozó további kutatásokhoz.