

Gépjármű fekete doboz – az útvonalrekonstrukció új eszközei

Dr. Melegh Gábor
Budapesti Műszaki Egyetem Gépjárművek Tanszék
H-1111 Budapest Stoczek u. 6
melegh@auto.bme.hu

Dr. Szalay Zsolt
Inventure Autóelektronikai Kutató és Fejlesztő Kft.
H-1111 Budapest Karinthy Frigyes út 26.
zsolt.szalay@inventure.hu

A gépjárművek által megtett útvonal rekonstrukciója alapvető kérdés a baleseti szituációk utólagos elemzése során. A rekonstrukciós algoritmusok fejlesztését megkönnyítik azok mérőeszközök, vizsgálati módszerek melyek segítségével a kalkulált eredmények validálhatóak. A kutatás során a jármű menetdinamikai paramétereinek mérésére alkalmas, járműbe építhető fekete dobozt, egy járműdinamikai szenzoregységet (VDSU - Vehicle Dynamics Sensor Unit) használtunk, melynek jeleit a PC alapú Virtual Crash balesetelemző és szimulációs szoftver segítségével dolgoztuk fel.

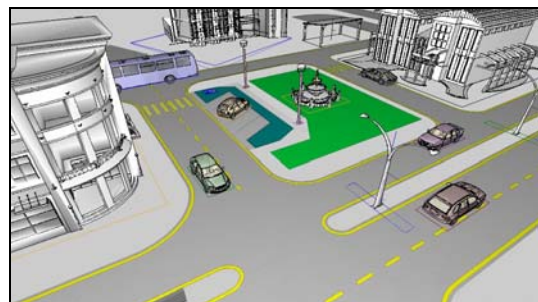
1 Bevezetés

A számítógéppel támogatott balesetelemzés egyik sikeres szereplője a vCrash program 3 dimenziós járműmozgás és sérülés szimulációt végez valós időben. A jármű mozgását a program mozgásegyenletei határozzák meg a felhasználó által megadott peremfeltételeknek megfelelően. A kutatás újdonsága abban rejlik, hogy a peremfeltételeket jelen esetben nem a felhasználó, hanem egy mérőműszer kimenetei szolgáltatják. Mivel a hat szabadságfok jeléből elméletileg a teljes megtett pálya rekonstruálható (IMU, INS rendszerek), a módszer a későbbiekben egy adott jármű valós mozgásának a leírására is alkalmazható lehet [1.]. A fekete doboz vCrash programhoz történő illesztése a mérési adatok vizuális megjelenítése miatt újszerű, mely mind a kutatók, elemzők, mind a fejlesztők számára többletinformációval bír a járműdinamikai folyamatok még alaposabb megértéséhez [2.]

2 Virtual Crash szimulációs program

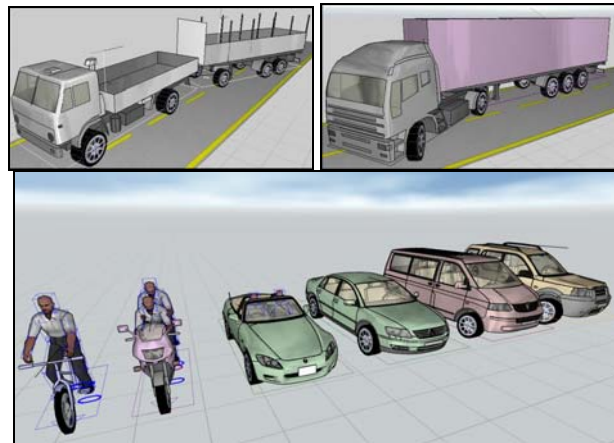
Már csaknem pontosan egy éve annak, hogy a közlekedési balesetek elemzését elősegítő módszerek között megjelent a Virtual Crash 2 program [3.]. A megjelenését követően a folyamatos fejlesztés eredményeként olyan új funkciókkal bővült a program, mint a teljes kinematika számítási rész; térbe helyezhető háttérképek, video fájlok; a mozgás-szekvenciák gyors és hatékony editálásának lehetősége; a jármű és a hozzá kapcsolt 3D adatbázis felhasználók által történő korlátlan fejlesztésének lehetősége online adatbázis frissítéssel kiegészülve és még számos egyéb kiegészítő, amelyek a programmal végzett munkát rendkívül hatékonyá teszik. A program – a nemzetköziségére tekintettel - már 11 nyelven működik.

A Virtual Crash baleset rekonstrukciós program járműmodelleket (kerékpár, motorkerékpár, személygépkocsi, tehergépkocsi, utánfutó, autóbusz, munkagép, egyéb), különböző testhelyzetű gyalogos és egyéb tereptárgy (korlát, fál, fa, ház, stb.) modelleket tartalmaz. A képen egy összetett városrész látható, mely a program lehetőségeit mutatja.



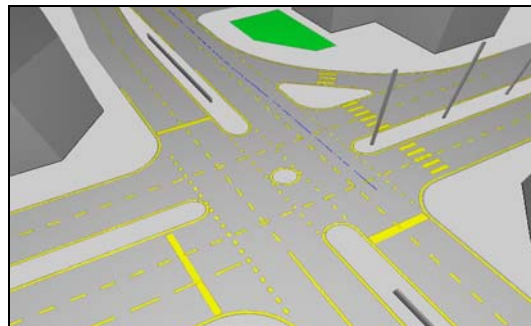
Összetett városrész a ábrázolása programban

A programban használt járműmodellek típus specifikusak, ugyanis a valóságot jól megközelítő 3D hálóval határolt modelleket alkalmazunk. Ez azt jelenti, hogy a méretarányosan megrajzolt modellek valóságosságát kizárólag formájuk adja, eltérően más szimulációs programoktól, melyek un. textúrákkal érik csak el a kívánt vizuális hatást, nem biztosítva a kialakításbeli valóságosságot. A modell valóságossága annak részletességével arányos. A programban található járműmodellektől néhány látható az alábbi ábrákon:



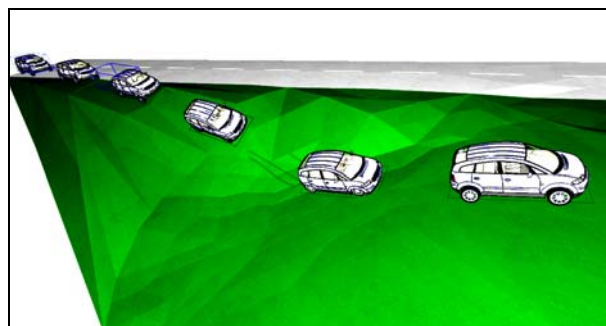
Járművek

A programba beépített útrajzoló eszközzel gyorsan és hatékonyan alakíthatjuk ki a baleset helyszínének megfelelő környezetet. Az alábbi ábrán egy csomópont képe látható:



Útkereszteződés-csomópont

Abban az esetben, ha rendelkezünk az út nyomvonalának megfelelő domborzat 3D koordinátáival (szabványos file-formátumokban), akkor a járműmodellek ezen 3D felületen haladhatnak (ábra).



3D felületen történő járműmozgás

A program a Kúdlich – Slibar ütközés modellt használja. A járművek ütközése során a program megjeleníti az ütközési síkot, a súrlódási kúpszögeknek megfelelő kúpokat, az ütközési pontot és az ütközési ponton áthaladó impulzus vektorokat. Az automatikus ütközés számítás során a program

automatikusan beállítja az ütközési paramétereket. Abban az esetben, ha az ütközés vizsgálata során szükséges az alapértékek módosítása, akkor az ütközés összes paramétere módosítható.

3 VDSU járműdinamikai szenzoregység

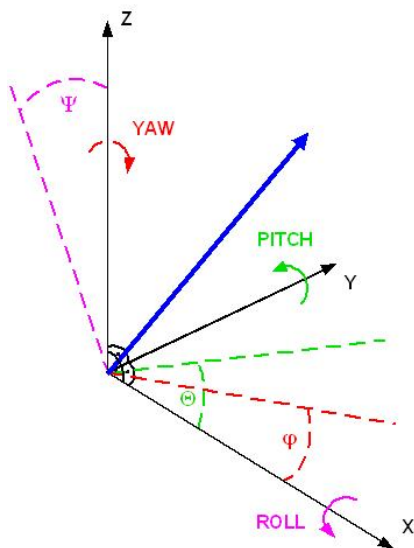
Az Inventure Autóelektronika egy évtizedes gyorsulásmérési tapasztalatára támaszkodva nemrégiben kifejlesztett egy nagyfelbontású és magas frekvenciaválaszú járműdinamikai mérőeszközt, mely csúcstechnológiájú szögsebességsenzort (giroszkóp) és gyorsulásérzékelőket tartalmaz.



A gépjárműbe építhető fekete doboz

A gépjárműbe építhető fekete doboz moduláris felépítésű, a járműdinamikai modul maximális kiépítésben hat szabadságfokú de igény szerint bármilyen, pl. 2 vagy 3 szabadságfokú konfiguráció is kiépíthető. A hat szabadsági fok azt jelenti, hogy a rendszer képes a háromirányú gyorsulás jelek valamint a három gyorsulástengely körüli szögsebesség egyidejű, folyamatos mérésére. Az eszköz a mérési adatokat CAN adatbuszon keresztül továbbítja speciális formátumban. A CAN adatbuszos interfész lehetővé teszi, hogy egy járműre épített mérőrendszer egyszerre több VDSU szenzor jeleit mérje és szolgáltatssa. Például a jármű elejébe, hátuljába, illetve tömegközéppontjába épített VDSU egységek ugyanazon a CAN buszon keresztül tudják a mérési adatokat a központi számítógéphez továbbítani.

A mérőberendezés főbb paraméterei — a mintavételi frekvencia, a szűrők típusa és törésponti frekvenciája, az adatküldés gyakorisága, valamint a CAN busz adatátviteli sebessége — programból konfigurálhatóak.



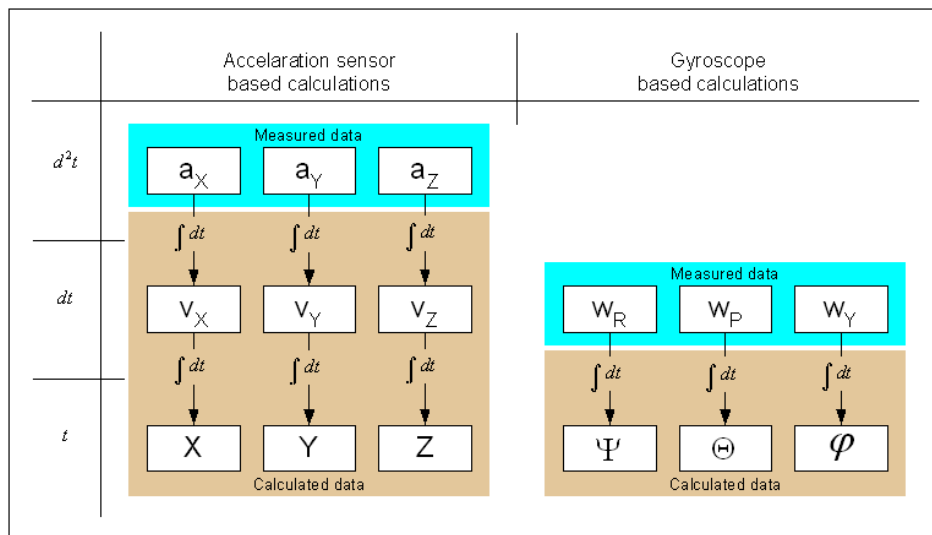
A hat szabadságfok koordináta rendszere és egy felhasználási példa

A VDSU 3 megfelelő orientációjú gyorsulásérzékelőt és 3 giroszkópot tartalmaz. A szenzorjelek feldolgozását a beépített mikroprocesszor végzi. A gyorsulás-szenzorok és a giroszkópok jelei a processzor AD konverterének bemenetére csatlakoznak. Az AD átalakítás felbontása csatornánként 12-bit. A szenzorjelek mintavételezése után a vett mintákat egy szűrőalgorithmus dolgozza fel. A szűrés után előállt értéket, a szűrt adatot tekintjük a szenzorjel értékének.

A szűrőalgorithmus a processzor digitális jelfeldolgozó képességét használja ki. Mind a gyorsulásjeleket, mind pedig a szögsebesség jeleit feldolgozó szűrők töréspontja programból állítható be, azaz rugalmasan konfigurálható.

A mérőrendszer a koordinátatengelyek körüli szögsebességet méri $\pm 150^\circ$ -os tartományban, melyből egyszeres időbeli integrálással számítható az adott tengely körüli szögelfordulás. A mindhárom tengelyre kiszámított szöghelyzet adja meg a mérőműszer, illetve a jármű orientációját. Az orientáció pontossága befolyásolja a gyorsulásjelek koordináta-transzformációjának eredményét ezen keresztül pedig a sebesség és pozíció adatok pontosságát is.

A pozíció meghatározásához a mérőrendszer a hossz-, kereszt- és függőleges irányú gyorsulást méri közvetlenül, melyekből az orientáció ismeretében származtathatók a vonatkoztatási rendszernek megfelelő sebesség és pozíció adatok. A mért és a számított eredmények kapcsolatát az alábbi ábra szemlélteti.



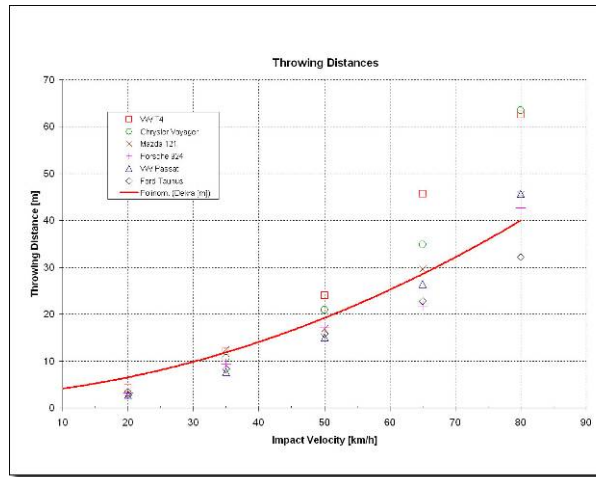
A hat szabadságfokú mérőrendszer által mért és az abból származtatott adatok

Az orientáció számítása során integrálás pontossága függ a szenzor jelfeldolgozás pontosságától és a szenzor zajszintjétől. A VDSU-hoz hasonló berendezések igen jó rövid távú pontossággal rendelkeznek, azonban a felbontás végeessége miatt hosszú idő alatt az integrálás során egyre nagyobb offset hiba kerül be a rendszerbe [4.].

A hat szabadságfokú mérőrendszer rövid távú pontosságát (és hosszú távú integrálási hibáit) a VDSU bemeneteihez kapcsolható 1 vagy akár 2 GPS helymeghatározó szenzor jelei egészíthetik ki a hosszú távú pontosság és stabilitás érdekében [5.]. A rendszer középtávú bővítésével elérhető, hogy alkalmazható legyen közúti járműforgalom járműbe épített statisztikus mérése is [6.].

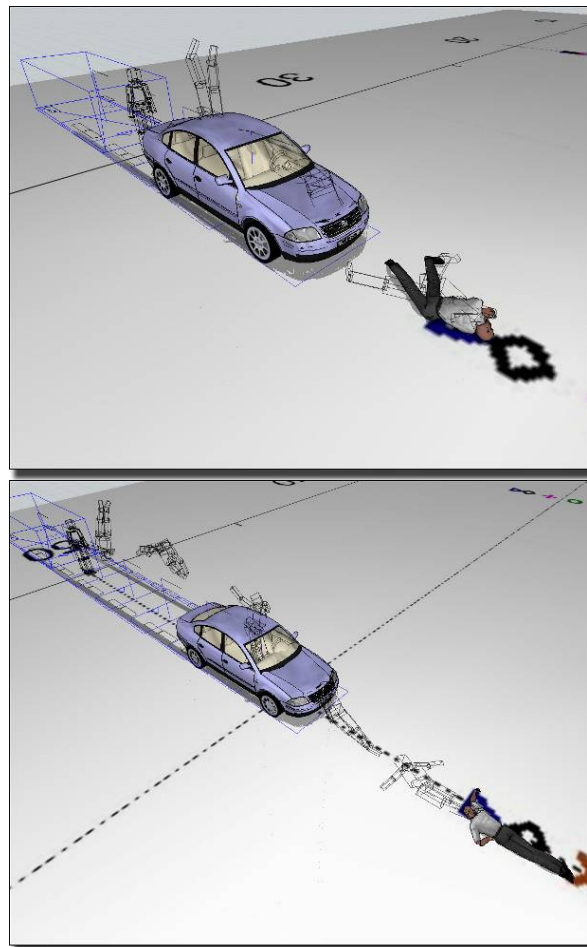
4 Mérési eredmények

Gyalogos elütés validációja: A validációs vizsgálatokhoz felhasználjuk a DEKRA AG. által elvégzett kísérletsorozat eredményeit. Az elütési kísérletek során különböző típusú gépjárművekkel (VW T4, Chrysler Voyager, Mazda 121, Porsche 924, VW Passat, Ford Taunus) különböző elütési sebességek mellett (10, 35, 50, 65, 80 km/h) határozták meg a gyalogos elvetődési távolságát. A kapott eredmények az ábrán láthatók diagram formájában.



Az elütési sebességek és az elvetődési távolságok kapcsolata

DEKRA kísérleti eredmények: A DEKRA kísérleti eredményként kapott diagramot a szemléltetés kedvéért a méretarányos diagramot a jármű mozgási síkjára fektetjük. A gyalogost a diagram abszcissa tengelyére, a megfelelő sebesség metszékhez állítjuk. A mögötte lévő személygépkocsi kezdeti sebességét a megfelelő értékre, a személygépkocsi lassulását a maximális értékre állítva a szimulációt elvégezzük. Az elütési folyamat jellegzetes időpillanatai a soron következő ábrákon láthatók:



Elütési folyamat 50 km/h sebesség esetén

Oldalirányú járműütközések validációja: A program lehetőséget ad nemcsak álló, hanem mozgókép háttérként történő megjelenítésére. Ez lehetőséget ad arra is, hogy a kísérleti adatoknak (mért sebességértékek, tömegadatok, stb.) megfelelő kezdeti értékek megadásával adódó mozgásfolyamatot vizuálisan összevevessük a kísérletek során rögzített mozgással.

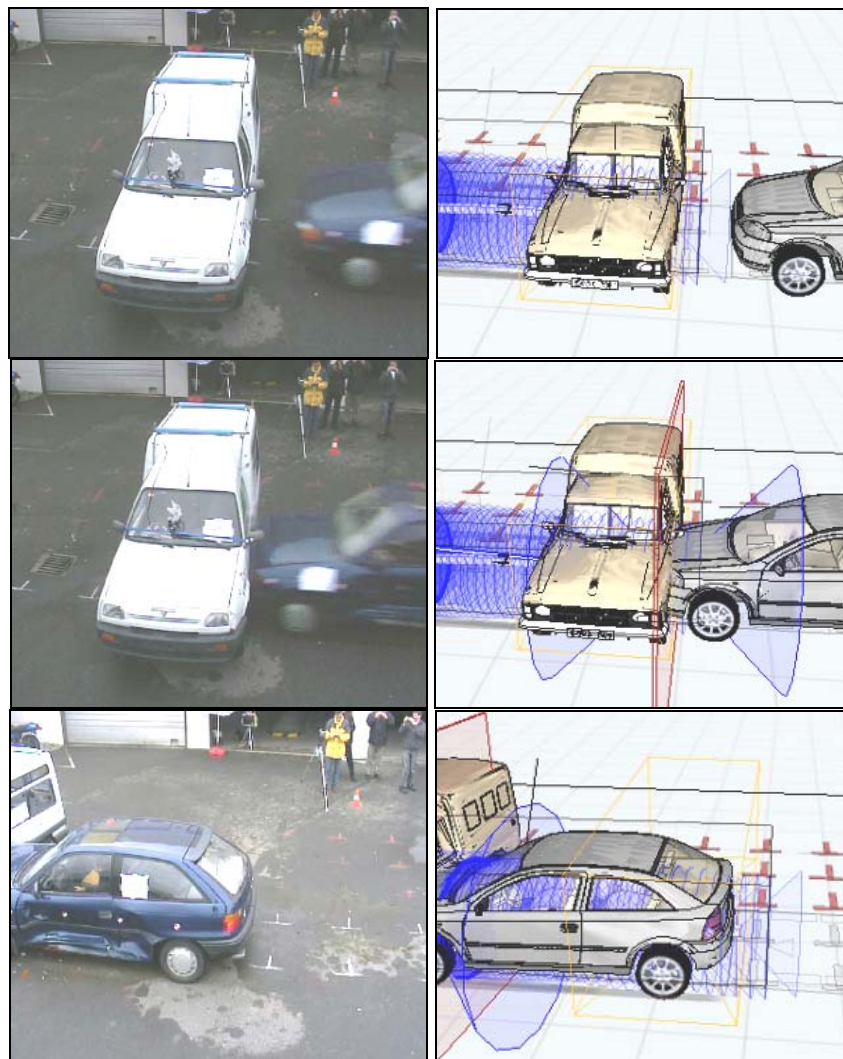
A baloldali kis képeken a kísérletek során rögzített időpillanatok, a jobb oldali kis képeken a szimulációs számítások alapján adódó mozgássor időpillanatai láthatók. A nagy képeken az összeillesztett kísérleti és számítási eredmények jellegzetes időpillanatai láthatók.

Opel Astra F és Renault Rapid ütközése: Az ütközés jellemző adatai, körülményei az alábbi táblázatnak megfelelően foglalható össze:

Jármű	Renault Rapid	Opel Astra
Sebesség	0 km/h	30 km/h
Tömeg	960 kg	960 kg
Szöghelyzet	90°	0°

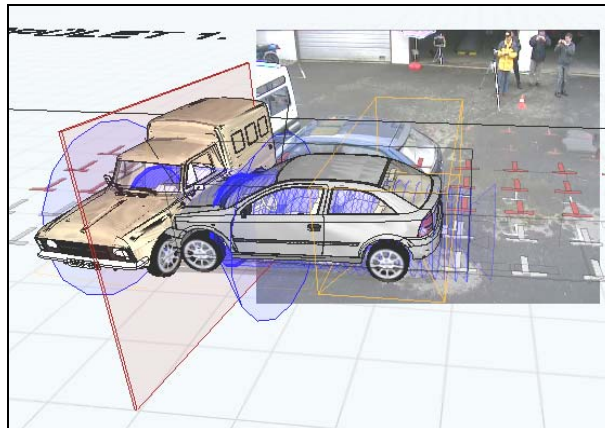
A kiindulási értékek táblázata

A mozgássor jellegzetes időpillanatai az alábbi képeken láthatók:



Opel Astra F és Renault Rapid ütközési folyamata

Az egymáshoz illesztett videofelvétel ill. szimulációs mozgásfolyamat jellegzetes időpillanata az alábbi képen látható:



A mozgásfolyamat jellegzetes időpillanata

A szimulációs vizsgálatok eredményei teljes összhangban állnak a felhasznált elütési és ütközési kísérletek eredményeivel, a kísérleti eredmények rekonstruálása igazolja a szimulációs vizsgálatok helyességén keresztül a Virtual Crash szimulációs programban alkalmazott modellek, számítási algoritmusok helyességét.

5 Összefoglalás

A VDSU és a vCrash együttműködésének jelentősége leginkább abban mutatkozik meg, hogy a mért adatok vizuális megjelenítése mind a kutatók, elemzők, fejlesztők számára további információt hordoz, a folyamat külső szemlélése sokszor igen hasznos. A mérőegység és a program összekapcsolása ugyanakkor azt a lehetőséget is adja, hogy bizonyos későbbi beavatkozások hatását a modellel előre prognosztizálni is lehet.

Irodalom

- [1.] EJJT 3.1 - Járműdinamikai állapotbecslő algoritmus fejlesztése, BME EJJT 2006. éves beszámoló
- [2.] Dr. Melegh G.-dr. Péter T.: A sztochasztikus útgerjesztés hatása a stabilitás határán levő jármű mozgására. Járművek, Mezőgazdasági Gépek
- [3.] Virtual Crash www.vcrash.com
- [4.] Andrew Paul, LV2 Inertial Navigation Numerical Integration Methods, Portland State University Aeronautical & Space Systems Society, Portland State University, 2001
- [5.] Jihan Ryu, State and parameter estimation for vehicle dynamics control using gps, Dissertation Stanford University, USA 2004.
- [6.] Dr. Péter Tamás- Dr. Bokor József, Járműforgalmi rendszerek modellezése és irányításának kutatása, A jövő járműve, 1-2. Bp. 2006. pp19-23.