

Intelligens jármű-ütközés elemző rendszer

Szakmai zárójelentés

OTKA Nyilvántartási szám: T 049519
Témevezető neve: Várkonyiné Kóczy Annamária
A kutatás időtartama: 2005-2009

Bevezetés

A baleset illetve katasztrófa elemzés a hagyományos mérnöki tevékenység korábban elhanyagolt területe volt. Az utóbbi időben azonban mind a kísérleti mind az elméleti (számításos, szimulációs) vizsgálatok a mindennapi tervezési munka részévé váltak. Bár a baleseti szituációk véletlen valószínűségi változók, a baleset illetve katasztrófa elemzésben a determinisztikus szemlélet dominál. A már megtörtént balesetekből készített statisztikák alapján választják ki a tipikus gyakrabban előforduló baleseti szituációkat (a baleseti partner tulajdonságai, az ütközés iránya, az ütközés előtti sebesség, stb.) melyek megszabják az ütköztetési kísérlet kezdeti értékeit és peremfeltételeit. E kísérletek igen költségesek, így gyáranként legfeljebb néhány száz végezhető el belőlük évente, ez pedig nem elegendő a közlekedés balesetbiztonságának a megkívánt szintjéhez. A kísérletek kiegészíthetők számítógépes szimulációs vizsgálatokkal és így a megvizsgált esetek száma néhány ezerre növelhető, azonban ezek a vizsgálatok is pontosan definiált determinisztikus esetekre korlátozódnak.

Az utóbbi években a kutatók figyelme a valós közlekedési balesetek felé fordult, mivel ezek a teljes eseményteret lefedik, és elemzésükön keresztül olyan, a járművekre vonatkozó információkhoz lehet jutni, melyeket felhasználva a jármű paraméterei úgy módosíthatók, hogy az a közlekedés és a járműben utazók biztonságát növelje. Így a vizsgálatok komoly segítséget nyújthatnak a gépkocsi karosszériák tervezéséhez is.

A közlekedési balesetek kimenetelét nagymértékben befolyásolja a jármű karosszéria ütközés közbeni deformációja során elnyelt energia, így a gépjármű-karosszéria deformációjának modellezése nagyon fontos szerepet játszik balesetek kiértékelésénél illetve a töréskereszt kimenetelének alakulásánál. A fentebb említett vizsgálatokból/kísérletekből rendelkezésre álló információ mennyiség azonban nem elegendő a kellően megbízható modellek megalkotásához. Nagy igény jelentkezik olyan új számítási módszerek kifejlesztésére, amelyek „olcsóak”, az eddigieknél jóval nagyobb számú és pontosabb eredményt szolgáltatnak, kevesebb számítási időt igényelnek, valamint a kimenetek szélesebb körű felhasználására is lehetőséget adnak.

A pályázatban megvalósított kutatási program a fenti problémára kívánt megoldást kínálni. A munka során olyan intelligens jel- és képfeldolgozó, modellezési valamint diagnosztikai elemző módszerek kerültek kifejlesztésre, amelyek lehetővé teszik egy olyan automatikus ütközés elemző rendszer megvalósítását, amely baleseti szituációkról készült digitális fényképek alapján autonóm módon – emberi beavatkozás, szakértői vélemény felhasználása nélkül - képes a deformációs energia és ezen keresztül az ütközés irányának és sebességének meghatározására. A kifejlesztett rendszer alapját a digitális (jel- és) képfeldolgozás intelligens módszerekkel történő ötvözése képezi, ami lehetőséget nyújt a megvalósítani kívánt feltételek (számítási idő csökkenése, a pontosság növelése, más területeken történő hatékony felhasználhatóság, stb.) teljesítésére. Alkalmazása (illetve továbbfejlesztése összetettebb esetek vizsgálatára) új információkhoz vezet, melyek ismeretében egy baleset automatikusan

rekonstruálható, valamint a jármű biztonsági berendezései úgy alakíthatók, hogy az utas védelem minél hatékonyabb legyen.

A fejlesztés fontos eleme a deformált jármű 3D-s modelljének digitális képekből történő automatikus előállítás. Ehhez a képeknek az eddigieknél jobb minőségű előfeldolgozására volt szükség, ami új, légyszámítási módszereken alapuló szűrő-, él- és csúcsetektáló, valamint információ kiemelő algoritmusokat, a jel- és képfeldolgozás területein elért eddigi eredmények továbbfejlesztését illetve kiterjesztését, valamint az epipoláris geometria legújabb eredményeinek a fuzzy logika bizonytalanság kezelésben és modellezésben bizonyíthatóan jelentkező előnyeivel való ötvözését jelentette. A kutatás másik vonatkozása annak vizsgálata volt, hogy a deformációból hogyan lehet meghatározni elfogadható biztonsággal az ütközés irányát és sebességét.

A pályázat megfogalmazásakor a következő komoly nemzetközi érdeklődéssel is kísért konkrét területeken jelöltünk ki célokat:

1. Intelligens képfeldolgozó algoritmusok, automatikus 3D rekonstrukció
2. A feldolgozás minőségének és megbízhatóságának javítását célzó intelligens jel- és képfeldolgozó algoritmusok
3. A jármű-ütközés irányának és sebességének meghatározása, jármű-ütközés elemző rendszer modellje, rendszerterve és kísérleti szintű megvalósítása.

A kitűzött és megvalósított célok szorosan kapcsolódnak a számítógépes grafika illetve a számítógéppel segített intelligens modellezés és tervezés feladataihoz. A kutatás eredményei a konkrétan megjelölt jármű-ütközés analízisen túlmenően olyan diagnosztikai, monitorozó és elemző rendszerek kialakításában is komoly szerephez juthatnak, amelyek széles körben alkalmazhatók a közlekedés, gépészet, robotika, építészet, egészségügy legkülönbözőbb területein.

Az elért eredmények

1. INTELLIGENS KÉPFELDOLGOZÓ ALGORITMUSOK, AUTOMATIKUS 3D RE-KONSTRUKCIÓ

Az intelligens képfeldolgozás illetve ezzel szoros összefüggésben a térbeli objektumok fényképek alapján történő automatizált rekonstrukciója az utóbbi időben került a hazai és nemzetközi kutatások középpontjába. Ezt egyrészt a klasszikus módszerek új, intelligens eljárásokkal való ötvözése révén megnyíló új lehetőségek, másrészt az új eredmények széles területen (gépi látás, intelligens tér felügyelet, műtárgyak állapot felügyelete, stb.) jelentkező nagy felhasználhatósága indokolja.

Az automatikus 3D rekonstrukció megvalósításához a következő területeken értünk el új eredményeket:

- Új, fuzzy és más légyszámítási módszereket alkalmazó csúcspontdetektáló algoritmusokat dolgoztunk ki ([9], [17], [43]), melyek összehasonlításaink szerint nagyobb megbízhatósággal határozzák meg a csúcspontokat, mint a „klasszikus” módszerek. Az eljárások egy, a pontok „csúcspontosságának” erősségét mutató új jellemzőt is megadnak, ami a későbbi feldolgozás, például a különböző kamerapozícióból készült képek egymásnak megfeleltethető pontjainak meghatározása során előnyös ([12]).

- Kidolgoztunk egy eljárást nem kalibrált kamerák automatikus kamerakalibrációjára ([2], [27], [28]).
- Bemutattunk ([4]), majd továbbfejlesztettünk ([8]) egy fuzzy támogatású automatikus eljárást a különböző képeken egymásnak megfeleltethető pontok meghatározására. Ez az eredményünk tekinthető talán a legjelentősebb lépésnek az automatizálás szempontjából.
- Az egymásnak megfeleltethető pontok meghatározása után az epipoláris geometria legújabb eredményeinek felhasználásával javaslatot tettünk az automatizált 3D rekonstrukciót ([2]) megvalósító eljárásra. Az eljárásnak bemutattuk egy, az ütközéselemzéshez kötődő járműdinamikai alkalmazási lehetőségét is ([3], [31]).

2. A FELDOLGOZÁS MINŐSÉGÉT ÉS MEGBÍZHATÓSÁGÁT JAVÍTÓ MODELLEK, INTELLIGENS JEL- ÉS KÉPFELDOLGOZÓ ALGORITMUSOK

Az első pontban bemutatott eredmények ideális esetben lehetővé teszik az automatikus 3D rekonstrukció megvalósítását. A gyakorlatban is megbízhatóan alkalmazható eljáráshoz azonban további szempontokat is figyelembe kell venni, amik a valós eseteknél óhatatlanul jelenlevő komplexitás, erőforrás-/időhiány, bizonytalanság, torzulás, zaj, stb problémákból adódnak. Mivel az eljárásokat az esetek döntő többségében valós időben kell elvégezni, így alapvető fontosságú a számítási komplexitás és időigény minél alacsonyabb szinten való tartása.

A képek feldolgozásánál komoly idő- és minőségjavulás érhető el, ha az előfeldolgozás során kiszűrjük a zajt (például eső hatása), kiemeljük az képi-információt (például extrém megvilágítás okozta képtorzulás, információvesztés ellensúlyozása), kiszűrjük a feldolgozás szempontjából „lényegtelen” elemeket (például a textúra élek), szétválasztjuk a célobjektumot és a képeken látható környezeti elemeket, stb. Ezzel nemcsak a feldolgozás komplexitása csökkenthető, de az eredmények megbízhatósága is növelhető. Ezért kutatásaink során komoly figyelmet fordítottunk olyan algoritmusok és eljárások kidolgozására, amelyek a feldolgozás minőségének javulását eredményezik.

A következő területeken értünk el eredményeket:

- A képfeldolgozás területén olyan új előfeldolgozó eljárásokat dolgoztunk ki illetve fejlesztettünk tovább, amelyek egyrészt minőségileg jobb eredményt szolgáltatnak az irodalomból ismert módszerekkel összehasonlítva, másrészt pedig a korábbiaknál több támogatást nyújtanak a későbbi feldolgozáshoz ([5]). Ez utóbbi azt is jelenti, hogy az eljárások olyan új jellemzőket (attribútumokat) határoznak meg, amelyek az információmennyiség növekedését eredményezik, és ezáltal lehetőséget nyitnak a további feldolgozás megbízhatóságának növekedéséhez illetve automatizálásához.

A jel- és képfeldolgozás különböző területein (információkiemelés, objektumfelismerés, osztályozás, stb.) eredményesnek bizonyult a Fourier analízis alkalmazása. Valós idejű feldolgozás esetén azonban problémát okoz a DFT és FFT algoritmusok használatánál az előbbi magas komplexitása, valamint az utóbbi késleltetése. E kettősség feloldására a Fourier analízis általunk bevezetett anytime jellegű kiterjesztése jelenthet megoldást, mely nemcsak a jel- és képfeldolgozásban, hanem bizonyos járműdinamikai vizsgálatok során is előnyös lehet.

- Bemutattuk a Fourier analízis olyan új anytime implementációját, amely már a periódus egynegyedénél - az esetek jó részében pontos - közelítést szolgáltat multiszinusos jelek

komponenseinek frekvenciájáról és amplitúdójáról ([14], [48]). A klasszikus Fourier transzformáció fuzzy logikával illetve anytime technikákkal való ötvözése jelentős javulást eredményez a feldolgozás minőségében és sebességében ([42]). A módszereket kiterjesztettük adaptív Fourier transzformációra is ([19], [26], [41]).

Egy másik érdekes kutatási vonulat a széles dinamikájú képek (high dynamic range images) feldolgozását jelentette. Sokszor előfordul, hogy erős napsütés, túlexponálás, vagy éppen a megvilágítás hiánya, illetve ezek együttes jelentkezése esetén a felvétel intenzitás tartománya akár több nagyságrenddel is eltérhet az emberi szem/(számítógépes) megjelenítő által kezelhető intenzitástartománytól. Ezekben az esetekben a képi információtartalom részlegesen elveszhet illetve torzulhat. Jelentős minőségi javulást jelenthet az intenzitástartomány résztartományokra bontása, és ezek külön-külön történő nemlineáris transzformálása, dinamikus kezelése.

- E területen több olyan eljárást javasoltunk, melyek nemcsak az intenzitástartománynak az emberi szem/képernyő által érzékelt tartományba való transzformálását végzik el, hanem alkalmasak az „érdekes” (képi információ szempontjából sűrű) tartományok kiemelésére is ([10], [11], [13], [18], [21], [33]).
- Sikerült egy olyan új módszert is kidolgoznunk, majd továbbfejlesztenünk, amely adott objektumhalmazról konstans kamerapozícióból készült több különböző expozíciós idejű képből kiindulva az összes képi információt egy képbe integrálja ([22], [23], [34]). A módszert kiterjesztettük színes képek esetére is ([24], [32], [35], [36], [45]).

A képi információfeldolgozás komplexitásának csökkentése céljából foglalkoztunk a feldolgozás szempontjából „lényeges” információ kiemelésének és ugyanakkor a feldolgozás szempontjából „lényegtelen” információ elnyomásának lehetőségével. Általánosságban elmondható, hogy egy objektum „lényeges” pontjai a objektumkontúr él- és csúcspontjai. A objektum textúra élei másodlagos fontosságúak, mivel nem hordoznak információt az objektum alakjáról. Az objektumok alakját gépi úton meghatározó módszerek is a legtöbb esetben az adott objektum csúcs- és élpontjait veszik figyelembe és ennek segítségével határozzák meg azok alakját illetve próbálják meg az objektumok egymástól vagy a háttértől való elkülönítését.

- Munkánk során sikerült egy olyan, a felület deformáció (surface deformation) és fuzzy technika ötvözésén alapuló eljárást kidolgoznunk, amely az objektumok elsődleges (kontúr) éleinek kiemelésére kínál megoldást ([25], [29]). Az algoritmus segítségével a keresett vagy vizsgált objektumok meghatározásának, elkülönítésének számítási komplexitása jelentős mértékben csökkenthető, az azonosítás megbízhatósága pedig növelhető ([44]). A módszer előnyös eszköznek bizonyul a háttér elkülönítés problematikájának megoldásánál is ([40]).

3. A JÁRMŰ-ÜTKÖZÉS IRÁNYÁNAK ÉS SEBESSÉGÉNEK MEGHATÁROZÁSA, JÁRMŰÜTKÖZÉS ELEMZŐ RENDSZER MODELLJE, RENDSZERTERVE ÉS KÍSÉR-LETI SZINTŰ MEGVALÓSÍTÁSA

Az automatikus jármű ütközéselemző rendszer koncepciója szerint az ütközött járműről készült digitális képek alapján képes megalkotni a deformált jármű 3D modelljét, majd a deformált és deformálatlan modellek összehasonlítása alapján az ütközés legfontosabb paramétereit: az ütközés sebességét és irányát meghatározni ([1], [37]).

- Az ütközés elemzés területén új módszereket és szoftvert fejlesztettünk ki az ütközött gépjármű 3D-s modelljének rekonstrukciója alapján történő automatikus analízis elvégzésére gépjármű fallal történő ütközése esetén. Az ütközési sebességet az ép és a törött 3D-s modellek vizsgálata révén, a deformáció során elnyelt energiából kiindulva, egy új 3D-s EES (energia ekvivalens sebesség) módszer segítségével kapjuk meg. Az ütközési irány meghatározására felület illesztésen alapuló eljárást dolgoztunk ki
- Az ütközés irányának és sebességének meghatározását szintén lágyszámítási módszerek, neurális hálózatok és fuzzy eljárások segítségével valósítottuk meg. Ezt, és az ezzel szorosan összefüggő deformáció modellezésére kidolgozott eljárásokat a [20], [27], és [28] publikációk tartalmazzák.

Napjainkban általánosan elterjedt a modell szemléletű megközelítés, amely szerint a vizsgált rendszer vagy folyamat modelljét beépítjük a számítógépes eljárásba. Ezzel a priori információt juttatunk a folyamatba. A lágyszámítási modellek előnyösen alkalmazhatók akkor is, ha nem áll rendelkezésünkre analitikus modell vagy az túl összetett ahhoz, hogy használjuk. Kritikus idő és erőforrásviszonyok között anytime modellek alkalmazhatók előnyösen, amelyek képesek adaptívan alkalmazkodni a körülményekhez.

- E területen is folytattunk kutatásokat, és az anytime modellezés terén eredményeinket ([6], [7], [46]) beépítettük az ütközéselemző rendszerbe is. Ezzel sikerült elérni, hogy az előzetes, becslő jellegű eredmények nagyon hamar rendelkezésre álljanak, ami a további döntések meghozatalának késleltetését is lerövidítette.
- Elkészült az ütközés analizáló rendszer kísérleti szoftvere is, amely magában foglalja a képminőség javító, képfeldolgozó, automatikus 3D rekonstrukciót megvalósító, valamint az energia ekvivalens sebességet és ütközési irányt meghatározó szoftvereket. A CASY (car crash analysis system) nevű programcsomag jelenleg egy gépjármű fallal történő ütközésének automatikus analízisére képes, valamint alkalmas gépjárművek dinamikai modelljének kialakítására/módosítására, deformáció szimulálására, illetve két jármű ütközésének felületillesztésen alapuló vizsgálatára is.

4. A KITŰZÖTT KUTATÁSHOZ KAPCSOLÓDÓ EGYÉB EREDMÉNYEK

Munkánk során felmerült az ütközött járműről készült képek felvételének automatizálása is.

- Ezért kifejlesztettünk egy olyan automatikus robot navigációs algoritmust is, amely mind ismert, mind ismeretlen és dinamikusan változó környezetben képes statikus és dinamikus akadályok elkerülésével adott helyre eljutni illetve adott útvonalat bejárni ([38]). Kidolgoztunk egy új gráfstruktúrát, amely csökkentett komplexitású módszert tesz lehetővé az akadályok nyilvántartására illetve új akadály beillesztésére ([39]). Javaslatot tettünk egy quasi-optimális útvonalgenerálási eljárásra is ([47]).

A kutatás során elért eredményeinket a nemzetközi fórumokon: könyvben, folyóiratokban és konferenciacikkekben való publikálás mellett az oktatásba is beépítettük.

- A hazai kurzusok mellett több felkérést kaptunk MSc és PhD kurzusok tartására külföldi egyetemeken ([15], ([16], [30])).
- Részben a kutatás eredményeire alapozva benyújtásra került egy akadémiai doktori értekezés ([49]), amelynek nyilvános védése 2009 novemberében várható.

További fejlesztési lehetőségek

A pályázati munka folytatásaként 2009-ben elindult egy új OTKA pályázat, szintén a témavezető irányítása alatt (K 78576: Intelligens és lágyszámítási módszerek a digitális jel- és képfeldolgozásban).

Nemzetközi együttműködés keretében benyújtásra került egy portugál-magyar Tét pályázat (Intelligens adaptív és asszociatív jel- és képfeldolgozás), valamint egy EU COST pályázat (Ambient intelligence for personalised healthcare and independent living), amelyekben a témavezető a fuzzy és anytime modellezés valamint a digitális jel- és képfeldolgozás területén szerzett tapasztalataival járul hozzá a tervezett munkához.

Az intelligens járműütközés elemző rendszer továbbfejlesztése két irányban folyik: egyrészt dolgozunk az automatikus ütközéselemzés kiterjesztésén több gépjármű ütközésének esetére, másrészt modellezni szeretnénk az ütközés okozta deformációs folyamat időbeni lefolyását.

2009. október 10.

Várkonyiné Kóczy Annamária