

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Közlekedésmérnöki Kar
Gépjárművek Tanszék

Baleseti járműtest-deformációk identifikációja intelligens
számítási módszerekkel

Tézisfüzet

Rövid András
Témavezető: Melegh Gábor, Várkonyiné-Kóczy Annamária
2005

1. Előzmények, célkitűzések

Közismert, hogy a közúti járművek számának emelkedésével a tapasztalatok szerint sajnos együtt jár a balesetek gyakoriságának nagymértékű növekedése is. Minden évben 1,2 millióan veszítik életüket közlekedési balesetekben szerte a világon. További százezrek sérülnek meg útjainkon, sokan közülük véglegesen rokkanttá válnak [1]. A növekvő közúti forgalom mellett a balesetek számának csökkentése érdekében a járműtervezés folyamatában nélkülözhetetlenné vált az aktív és passzív biztonsági rendszerek fejlesztése. Ahhoz, hogy a jármű biztonsági rendszereinek tényezőit javítani tudjuk, szükségünk van a balesetek körülményeinek, lefolyásának és kimenetelének részletes vizsgálatára. Ezek lehetőséget nyújtanak a baleset időbeni lefolyásának szimulációjára ill. a számított adatok ismeretében a balesetben résztvevő járművek balesetbiztonsági paramétereinek javítására is. A balesetek pontos és objektív kiértékeléséhez olyan eljárásokra van szükség, melyek a lehető legtöbb baleseti tényező figyelembe vételével határozzák meg azok lefolyását. Napjainkban mind a kísérleti, mind az elméleti (számításos, szimulációs) vizsgálatok a mindennapi tervező munka részévé váltak. A baleset ill. katasztrófa elemzés legérdekesebb eredménye az, hogy bár a baleseti szituációk véletlen valószínűségi változók, bennük mégis még jelenleg is dominál a determinisztikus szemlélet [2]. A sztochasztikus szemlélet, statisztikák feldolgozása, gyakorisági vizsgálatok a már megtörtént balesetekre terjednek ki. Ezekből az utólag készített statisztikákból választják ki a tipikus, gyakrabban előforduló baleseti szituációkat (baleseti partner tulajdonságai, az ütközés iránya, az ütközés előtti sebesség, stb.), melyek – mintegy szabványosítva – megszabják az ütköztetési kísérletek kezdeti értékeit és peremfeltételeit. E kísérletek igen költségesek, és gyáranként legfeljebb néhány száz végezhető el belőlük évente, ez pedig nem elegendő a közlekedés balesetbiztonságának megkívánt szintjéhez [1].

Egyes eljárások a gépjármű-karosszéria gyűrődésének folyamatát ill. az annak során felemésztett deformációs energiát a napjainkban egyre gyakrabban alkalmazott véges elemek módszerének alkalmazásával határozzák meg, melyek viszonylag pontos eredményeket adnak. Ezek komplexitása azonban olyannyira nagymértékű, hogy valós idejű adatszolgáltatásra közel sem megfelelő, így pl. egy baleset, helyszínen történő előzetes kiértékelésére nem alkalmazható. A deformációs energia meghatározására további eljárásokat is kifejlesztettek (lásd pl. [3][4]), melyek törési kísérletek által nyert adatokat ill. a gyűrődés jellegére (formájára) vonatkozó információkat hasznosítanak [5]. Összehasonlítva a véges elemek módszerét alkalmazó eljárásokkal, komplexitásukat tekintve nagyságrendekkel megfelelőbbek, viszont kevésbé hiteles eredményeket adnak. A gyűrődési folyamat által

keletkezett – a kiértékeléshez szükséges – ún. „deformációs felületet” csupán a sérült jármű felülnézete alapján vizsgálják, ami bizonyos esetekben (felülről nem látható gyűrődések figyelmen kívül hagyása, bonyolult deformációs felületek kialakulása) hibákat eredményezhet. Egy másik hibaforrás a járműváz által felemészthető energia eloszlásának síkban történő kezelése, azzal annak feltételezése, hogy a harmadik koordináta-összetevő irányában az energia homogén eloszlású. Ez a feltevés viszont a módszer által számított értékek hibáját nagymértékben növeli.

A szerző dolgozatában a deformációs energia meghatározására irányuló új módszereket mutat be, melyek az eddig ismert, hasonló célra alkalmazott eljárások előnyeit ill. hátrányait figyelembe véve, lehetőséget nyújtanak a járműtesten keletkezett deformáció térbeli kiértékelésére, valamint a deformációs felület digitális képek alapján való meghatározására.

A szerző célkitűzése egyrészt a deformált járműtestről készített digitális képek által hordozott, a járműtest gyűrődésére vonatkozó információk feldolgozására irányuló eljárás kidolgozása, másrészt e képi információk felhasználásán keresztül módszert adni a deformációs energia meghatározására.

Az e célra kidolgozott eljárás a deformációs felületet a sérült jármű rekonstruált térbeli modellje alapján állítja elő. A térbeli modell előállítására a szerző fotogrammetriai módszereket használ fel, melyek hatékonyságát lágy számítási módszerek beágyazásával növelte [6][7][8].

Az első célkitűzéshez kapcsolódóan a szerző új módszert dolgozott ki a térbeli rekonstrukciónál igen fontos szerepet betöltő csúcspontok felismerésére [9]. A csúcspontok olyan, képen található jellegzetességek, amelyek megbízhatóan 2D-ban lokalizálhatók [10]. Az élek azon pontjai tartoznak ide, melyekben a görbület nagymértékű. A gyűrődési folyamatok eredményeként törésvonalak keletkeznek, melyek a deformációs felület meghatározására hatékonyan alkalmazhatók. Mivel a törésvonalat alkotó képpontok él ill. csúcspontokra jellemző tulajdonságokkal rendelkeznek, ezért a törésvonalat él- ill. csúcspontok véges, diszkrét halmazának tekinthetjük.

A módszer a kép lokális orientációját meghatározó jellegmátrixból indul ki és egy fuzzy halmazbeli tagsági értékkel jellemzi a felismert csúcspont „csúcosságának” mértékét. Hatékonyan alkalmazható az automatizált térbeli rekonstrukció egyes alapeladatainak javítására, legfőképpen a sztereo képeken az egymásnak megfelelő csúcspontok keresése [11]. Szintén az első kérdéskör célkitűzéseit szolgálta az egymásnak megfelelő képpontok azonosítására szolgáló módszer kidolgozása, amely fontos részét képezi a térbeli rekonstrukció automatizált végrehajtásának. Epipoláris geometria [12] valamint fuzzy

halmazelmélet alkalmazásával redukáltam az egymásnak megfelelő képpontok keresésének komplexitását és növeltem azok azonosításának megbízhatóságát.

A szerző pontosabb számítási módszert javasolt a térbeli rekonstrukciónál nagy szerepet betöltő kamera kalibrációra [13][14], melynek hibája nagy befolyással van a térbeli koordináták számítására.

E kérdéskör keretén belül iteratív módszert dolgozott ki a térbeli pont koordinátáinak - annak vetületei alapján történő – meghatározására. Az iteratív eljárás lehetőséget biztosít anytime rendszerekben történő alkalmazásra is.

A második célkitűzéshez kapcsolódóan két módszerre tettem javaslatot adott a deformációs energia becslésére az előző kérdéskörhöz kapcsolódó sérült jármű deformációs felületének térbeli modellje alapján. Az elsőként kidolgozott módszer az egyes járműtípusok töréskeresztek alapján meghatározott energiahálóinak [3][5] térbeli kiterjesztéséből indul ki. Az „energiarács” deformált járműtestre történő illesztésén keresztül számítja ki a deformációs folyamatban érintett cellák térfogatváltozását, melynek alapján a hozzájuk rendelt energiaérték figyelembevételével meghatározza a gyűrődési folyamat során felemészített energia mértékét. Az eddigi módszerekkel ellentétben a felemészíthető energia eloszlását térben vizsgálja, csökkentve ezzel a keletkező hibát.

A másik módszer a járműtest térfogatelemekre való felosztásából és azok gyűrődési karakterisztikáinak előrecsatolt backpropagation neurális hálózatokkal [15-18] való közelítéséből indul ki. A gyűrődési karakterisztika ebben az esetben az ütközési irány és a deformáció során keletkező térfogatváltozás függvényében fejezi ki a felemészített energiát. A járműtest által felemészíthető energia eloszlását erős nemlinearitás jellemzi. Ebből kifolyólag a számítás végeredményének pontossága a jármű gyenge nemlinearitással jellemezhető lokális szegmenseinek külön-külön neurális hálózattal történő közelítésével majd ezek fuzzy súlyokat használó összegzésével javítható ill. a szegmensek számának növelésével minimalizálható.

A második célkitűzés kérdésköréhez kapcsolódóan a szerző javaslatot tett az ütközési irány meghatározására a digitális képekből rekonstruált térbeli járműmodellek deformációs felületeinek alapján. Az eljárás a járművek deformációs felületeinek egymásra illesztéséből indul ki. Az eljárás hatékonyan alkalmazható olyan - balesetelemzésnél alkalmazott - számítási módszereknél, melyeknél az ütközési irány bemeneti paraméterként szerepel [19].

2. A elvégzett vizsgálatok és az alkalmazott módszerek

Az elvégzett vizsgálatok alapvető módszere az irodalmi eredményekre támaszkodva azok továbbgondolása, illetve – matematikai módszereket felhasználva – azok kiegészítése, továbbfejlesztése volt. Áttekintettem a deformációs energia meghatározására irányuló módszereket [1-5][19], tanulmányoztam a lágy számítási módszerek és a képfeldolgozás elméletet ill. az utóbbi keretein belül a digitális képek alapján történő 3D-s rekonstrukciót, hogy megtaláljam a deformációs energia intelligens és gyors kiértékelésének lehetőségét digitális képek alapján [20-25], [26-33].

Az értekezés 2 fejezete a Járműütközések vizsgálatára, az EES meghatározására irányuló jelenlegi módszereket tekinti át.

A 3. fejezet a fuzzy rendszerek, neurális hálózatok ill. a digitális képfeldolgozással kapcsolatos alapfogalmakat mutatja be, melyek szükségesek az értekezés megítélhetőségének szempontjából.

A 4. fejezetben a digitális képfeldolgozásban alkalmazott klasszikus és fuzzy módszerekkel kapcsolatos eredményeimet mutatom be. Új eljárást adok a kép elő-feldolgozására, amely javítja a képfeldolgozás (él- és csúcspontdetektálás) minőségét, továbbá módszert adok csúcspontok felismerésére digitális képeken, amely a képpontok statisztikai vizsgálatából indul ki és egy fuzzy szabálybázis kiértékelésén keresztül dönti el, hogy egy képpont vajon csúcspont-e vagy sem.

Az 5. fejezetben algoritmust adok a digitális képeken egymásnak megfeleltethető képpontok keresésére, amely nem igényli a teljes kép vizsgálatát. A módszer az epipoláris geometriára és fuzzy halmazelméletre támaszkodva nagymértékben csökkenti a feladat komplexitását. Ugyanebben a fejezetben a digitális képek alapján történő 3D-s rekonstrukcióra vonatkozólag módszert adok a térbeli koordináták iteratív úton történő számítására, mely hatékonyan alkalmazható anytime rendszerekben, valamint javaslatot teszek a kamera paramétereinek meghatározására, azaz a kamera kalibrációjára.

A 6. fejezetben az energia ekvivalens sebesség (EES) meghatározására adok két újszerű eljárást egyetlen közúti jármű merev tárggyal (pl. fallal) történő ütközése esetén, amely több jármű különböző irányokból való ütközésének esetére is kiterjeszhető.

A 7. fejezetben a javasolt algoritmusok illusztrálására mutatok be néhány példát, a 8. fejezetben pedig az új eredmények alkalmazási lehetőségeit ismertetem. A 9. fejezet egy összefoglaló áttekintést tartalmaz, melyben felsorolom az értekezés új tudományos eredményeit. Itt térek ki azokra a kérdésekre is, melyek a feldolgozott témával kapcsolatban

állnak, és megítélésem szerint további vizsgálatot igényelnek. A 10. ill. 11 fejezet pedig az irodalom- ill. jelölésjegyzéket tartalmazza.

3. Az új tudományos eredmények összefoglalása

1. téziscsoport

Klasszikus és fuzzy technikákon alapuló új módszerek kidolgozása a digitális képfeldolgozásban

1.1 Eljárást dolgoztam ki adott deformációs határgörbékre illeszkedő felület Hermite – polinomon alapuló közelítő meghatározására [J1, C1].

1.2 Fuzzy következtetésen alapuló új módszert dolgoztam ki a csúcspont-meghatározásra digitális képeken [C5,C7,C8].

Megjegyzés: Az eljárás a csúcspontok fuzzy halmazokba történő besorolásával lehetővé teszi azok kiértékelését a „csúcsosságra” vonatkozó jellemzők függvényében. Hatékonyan alkalmazható pl. a sztereo képek megfelelő pontjainak meghatározásánál

1.3 Fuzzy szűrés és Gauss simítás kombinálásával a kép előfeldolgozás új módszerét dolgoztam ki a képfeldolgozás (él- és csúcspontdetektálás) minőségének javítására [C4, C5].

Megjegyzés: A módszer az egyes zajtípusok Fuzzy szabályokon alapuló kiszűrésével és az élek szemcsézettségének Gauss simítás alkalmazásával történő csökkentésével elősegíti a nem tényleges csúcs- ill. élpontok hatékonyabb eltávolítását.

2. téziscsoport

A digitális képek alapján történő 3D rekonstrukció új elemeinek kidolgozása

2.1 Javaslatot tettem olyan eljárások kidolgozására, amelyek képesek 3D-s modellek közelítésére a modelltől készült digitális fotókon meghatározott élek ill. csúcspontok alapján [C4 ,C6 ,C7].

2.2 Új módszert dolgoztam ki a sztereo-képek megfelelő pontjainak ismeretében történő térbeli koordináták meghatározására [C4,C7].

Megjegyzés: Megmutattam, hogy azok iteratív úton történő számítása kiküszöböli a bemeneti paraméterek által hordozott zajoknak betudható hibákat. Ideális esetben a

vetítő egyenesek metszik egymást, viszont zajt tartalmazó bemeneti paraméterek esetén kitérők is lehetnek. Utóbbi a módszer kiküszöböli. A módszer további előnye, hogy anytime rendszerekben is alkalmazható.

2.3 Új módszert dolgoztam ki a kis eltérési szöggel készült sztereo képeken az egymásnak megfeleltethető pontjelöltek számának csökkentésére [C9].

Megjegyzés: Megmutattam, hogy a sztereo-kép megfelelő csúcspontjai hasonló „csúcosságra” vonatkozó mértékkel rendelkeznek. Továbbá a csúcspontok környezetének fuzzy halmazokra bontásával a környezetek hasonlósági mértékének meghatározására adtam új eljárást. Mindezeket felhasználva csökkentettem a megfelelő csúcspontjelöltek számát.

3. téziscsoport

Egyetlen közúti jármű merev tárggyal (pl. fallal) történő ütközése esetén az ütközés irány és energia ekvivalens sebesség (EES) meghatározás új módszereinek kidolgozása

3.1 Javaslatot tettem a járművek ütközési irányának a deformációs felületek alapján történő becslésére, ill. az erre szolgáló módszer kidolgozására [C2, C6].

Megjegyzés: Megmutattam, hogy két egymással ütközött jármű ütközési iránya a deformációs felületeik – azok négyzetes eltérésének minimalizálásán keresztül történő - egymásra illesztésével becsülhető. A módszer a deformált járművek digitális képeinek alapján rekonstruált modelleket használja fel a deformációs felületek meghatározásához.

3.2 Új módszert dolgoztam ki az energia ekvivalens sebesség (EES) meghatározására a 3D-s modell deformáció alapján [C1, J1].

Megjegyzés: Megmutattam, hogy a deformáció térbeli vizsgálata összehasonlítva a síkban történő módszerekkel pontosabb becslést ad a felemésztett energia mértékére vonatkozólag. Az eljárás törési kísérletek során meghatározott energiasejtek értékeiből, valamint a jármű deformációs felületének spline interpolációs eljárással történő közelítéséből kiindulva határozza meg a deformációs során felemésztett energiát. Mindehhez szükséges a jármű tetszőleges résztérfoogatának ismerete. Ebből kifolyólag módszert adtam a jármű-karosszéria tetszőleges határok közé eső térfoogatának meghatározására egy új struktúra létrehozásával.

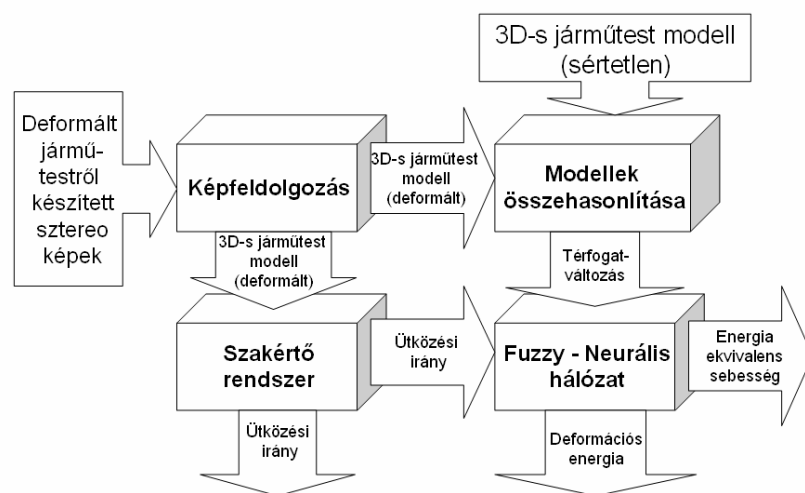
3.3 Kidolgoztam az EES meghatározás hierarchikus fuzzy-neurális hálózat alapú módszerét, amely az ütközés iránya és a deformációs térfogatváltozás alapján adja meg a deformációs energiának megfelelő sebességet [C2, C3, C6, C10].

Megjegyzés: Megmutattam, hogy a jármű egyes részei által elnyelhető energia előrecsatolt back-propagation neurális hálózatokkal eredményesen modellezhető. Minél kisebb tartományokra osztjuk a jármű deformációs zónáit, azok annál jobban közelíthetők neurális hálózatokkal.

4. Az eredmények alkalmazása

A képfeldolgozás ill. ezzel szoros összefüggésben a térbeli objektumok fényképek alapján való automatizált rekonstrukciója különösen nagy felhasználhatóságot mutat hazai és nemzetközi vonatkozásban is. Az igények és korlátok folyamatos változása, növekedése óhatatlanul szükségessé teszi az alkalmazott módszerek folyamatos javítását, továbbfejlesztését. A képi információk intelligens módszerek közreműködésével való feldolgozása azokon a területeken is egyre nagyobb szerepet kap, amelyek fejlesztése az emberi tényező szempontjából a legnagyobb jelentőségű.

A valós helyzetekről készült digitális képek feldolgozása révén nyert adatok felhasználásával a bemutatott módszerek lehetőséget nyújtanak közlekedési balesetek gyors elemzésére, jármű karosszériák tervezésénél azok biztonságának növelésére, a gépi látás megbízhatóságának fokozására illetve műtárgyak - épületek, utak, hidak – állapotának folyamatos felügyeletére, az elváltozások időben történő észlelésére.



4.1.ábra: a jármű-deformáció kiértékelésére szolgáló intelligens számítási módszereken alapuló rendszer alapkonceptiójának vázlatja

A bemutatott módszerek továbbá olyan új elemző rendszer létrehozására adnak lehetőséget, amely külső beavatkozás nélkül képes a balesetben résztvevő, deformált járművek képeinek információi alapján az egyes baleseti tényezők (deformációs energia, ütközési irány) meghatározására (lásd 4.1. ábra).

5. Az értekezés témakörében készült tudományos publikációk

Referált folyóiratban megjelent idegennyelvű cikk:

[J1] Rövid, A., Melegh, G., "Modeling and Identification of Road Vehicle Body Deformation," *Periodica Polytechnica Transportation Science*, Vol. 32, NO. 1-2, 2004, pp. 135-148

[J2] Rövid, A., Várkonyi-Kóczy, A.R., "Soft Computing Based Point Correspondence Matching for Automatic 3D Reconstruction," *Acta Polytechnica Hungarica*, Hungary, Vol. 2, NO. 1, 2005, pp. 33-44

Nemzetközi konferencia kiadványban megjelent idegen nyelvű előadás:

[C1] Rövid, A., Melegh, G., "Modeling of Road Vehicle Body Deformation Using EES Values Detection," *In Proc. of the IEEE International Symposium on Intelligent Signal Processing*, Budapest, Hungary, 4-6 September, 2003, pp: 149-154

[C2] Rövid, A., Várkonyi-Kóczy, A.R., Várlaki, P., Michelberger, P., "Soft Computing Based Car Body Deformation and EES Determination for Car Crash Analysis Systems," *In Proc. of the 2004 IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference*, IMTC/2004, Como, Italy, 18-20 May, 2004, pp. 1674-1679.

[C3] Rövid, A., Várkonyi-Kóczy, A.R., Várlaki, P., "Intelligent Methods for Car Deformation Modeling and Crash Speed Estimation," *In Proc. of the 1st Romanian-Hungarian Joint Symposium on Applied Computational Intelligence*, Timisoara, Romania, May 25-26, 2004, pp. 75-84.

[C4] Rövid, A., Várkonyi-Kóczy, A.R., Várlaki, P., "3D Model Estimation from Multiple Images," *In Proc. of the IEEE International Conference on Fuzzy Systems, FUZZ-IEEE'2004*, Budapest, Hungary, July 25-29, 2004, pp. 1661-1666.

- [C5] Rövid, A., Várkonyi-Kóczy, A.R., "Corner Detection in Digital Images Using Fuzzy Reasoning," *In Proc. of the 2nd IEEE Int. Conference. on Computational Cybernetics*, Vienna, Austria, August 30 - September 1, 2004, pp. 95-99.
- [C6] Rövid, A., Várkonyi-Kóczy, A.R., "Car Body Deformation Modeling based on Soft Computing Techniques and Image Processing," *In Proc. of the 3rd International Conference on Global Research and Education in Intelligent Systems INTER-ACADEMIA*, Budapest, Hungary, September 6-9, 2004, pp. 75-84
- [C7] Rövid, A., Várkonyi-Kóczy A.R., Maria da Graça Ruano, "Automatic 3D Modeling Based on Soft Computing Techniques," *In Proc. of the 8th IEEE International Conference on Intelligent Engineering Systems, INES2004*, , Cluj-Napoca, Romania, September 19-21, 2004,
- [C8] Várkonyi-Kóczy, A.R., Rövid, A. Samu, G., "Soft Computing Techniques for the Improvement of Signal Processing Algorithms," *In Proc. of the 2nd Serbian-Hungarian Joint Symposium on Intelligent Systems, SISY2004*, Subotica, Serbia and Montenegro, October 1-2, 2004,
- [C9] Várkonyi-Kóczy, A.R., Rövid, "Fuzzy Logic Supported Point Correspondence Matching for 3D Reconstruction," *In Proc. of the 5th International Symposium of Hungarian Researchers on Computational Intelligence*, Budapest, November 11-12, 2004
- [C11] Rövid, A., Várkonyi-Kóczy, A.R., Várlaki, P., "An Application of Intelligent 3D reconstruction in Vehicle System Dynamics," *In Proc. of the International Conference on Artificial Intelligence in Science and Technology*, Tasmania, Australia, November 21–25, 2004
- [C13] Rövid, A., Várkonyi-Kóczy, "Iterative Neural Network Model Inversion," *In Proc. of the 3th Slovakian-Hungarian Joint Symposium on Applied Machine Intelligence*, Herlany, Slovakia, January 21-22, 2005
- [C14] Rövid, A., Várkonyi-Kóczy, "Point Correspondence Matching for 3D Reconstruction Using Fuzzy Reasoning," *In Proc. of the IEEE 3rd International Conference on Computational Cybernetics*, Mauritius, April 13-16, 2005
- [C15] Rövid, A., Várkonyi-Kóczy, "Observer Based Iterative Neural Network Model Inversion," *Accepted Paper of the IEEE International Conference on Fuzzy Systems 2005*, Reno, Nevada, USA, May 22-25, 2005

Helyi részvételű rendezvény kiadványában megjelent idegen nyelvű előadás:

- [C10] Rövid, A., Várkonyi-Kóczy, A. R., Melegh, G., "Car Body Deformation Determination Based on Soft Computing Techniques," *In Proc. of the 11th IEEE PhD Mini-Symposium*, Budapest, Hungary, February 3-4, 2004, pp, 12-13
- [C12] Rövid, A., Várkonyi-Kóczy, "Soft Computing Based 3D Model Estimation from Digital Images," *In Proc. of the 12th IEEE PhD Mini-Symposium*, Budapest, Hungary, February 8-9, 2005, pp, 66-67

Irodalomjegyzék

- [1] Melegh Gábor, Gépjárműszakértés. Budapest, Maróti Könyvkereskedés és Könyvkiadó Kft. 2004, p 800.
- [2] Bokor J., Michelberger, P., Keresztes A., Várlaki P., "Statistical identification of nonlinear vehicle vibrating structures, " *IFAC Preprints on Identification and System Parameter Estimation*. Vol. 1. (9th IFAC/IFORS Symposium) Budapest, 1991, pp. 358-362.
- [3] Mercedes Benz, "Die Bedeutung der Energy Equivalente Speed (EES) für die Unfallrekonstruktion und die Ferletzungsmechanik, " Mercedes-Benz Pkw, 1992
- [4] Happer A., Araszewski M., "Practical Analysis Technique for Quantifying Sideswipe Collisions," 1999.
- [5] Albert G. Fonda, "Principles of Crash Energy Determination," In SAE 1999 Transactions, Journal of Passenger Cars, Section 6 – Part 1, pp. 392-406
- [6] Dubois, D., Prade H., Yager, R.R. (Eds.), "Readings in Fuzzy Sets for Intelligent Systems," *Morgan Kaufmann Publishers*, 1993, ISBN 1-55860-257-7.
- [7] Bishop, C., M.: "Neural Networks for Pattern Recognition", Clarendon Press, Oxford, 1995
- [8] Pitas, I. "Digital Image Processing Algorithms and Applications," Wiley, New York, 2000.
- [9] C. G. Harris and M. Stephens. *A Combined Corner and Edge Detector*. In *Proc. of the 4th Alvey Vision Conference*, pages 147-151, 1988.
- [10] Smith, S.M., Brady, M., "SUSAN - a new approach to low level image processing," *International Journal of Computer Vision*, 1997, Vol. 23(1), pp. 45-78.

- [11] Bogdan, G., Meer, P., "Point Matching under Large Image Deformations and Illumination Changes," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, VOL. 26, NO. 6, JUNE 2004, pp. 674-688.
- [12] Tomas Pajdla, Tomas Svoboda, and Vaclav Hlavac. Epipolar geometry of central panoramic cameras. In Ryad Benosman and Sing Bing Kang, editors, *Panoramic Vision : Sensors, Theory, and Applications*, pages 85–114. Springer Verlag, Berlin, Germany, 1. edition, 2001.
- [13] Zhang, D., Nomura Y., Fujii, S., "Error analysis and optimization of camera calibration," *IEEE/RSJ International Workshop on Intelligent Robots and Systems IROS'91*, Osaka, 3-5 Nov. 1991.
- [14] Hartley, R., "Euclidean Reconstruction from Uncalibrated Views," in : *J.L. Mundy, A. Zisserman, and D. Forsyth (eds.), Applications of Invariance in Computer Vision, Lecture Notes in Computer Science*, Vol. 825, Springer-Verlag, 1994, pp. 237-256.
- [15] Sztipánovits, J. "Dynamic Backpropagation Algorithm for Neural Network Controlled Resonator-Bank Architecture," *IEEE Trans. On Circuits and Systems-II*, Vol. 39. No. 2. 1992, pp. 99-108.
- [16] Wu, CH., McLarty, JW, "Neural Networks and Genome Informatics, " *Meth Comp Biol Biochem* 1. ISBN: 0080428002, 2000
- [17] Horváth G. "Neurális hálózatok és műszaki alkalmazásai," *Egyetemi tankönyv*, Műegyetemi Kiadó, Budapest, 1998.
- [18] Yao, X.: Evolving Artificial Neural Networks. *Proceedings of the IEEE*, 87(9): 1423-1447, (1999).
- [19] Melegh. G., "Közúti Közlekedésbiztonság 8. fejezet, A Közúti balesetek műszaki szakértése, " *Novadat*, 2004.
- [20] Jensen, J. R., "Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective,|" *Prentice Hall*, Englewood Cliffs, HJ, 1985.
- [21] Klette F., "Computer Vision," *Springer-Verlag*, New York, 1998.
- [22] V. Gouet, P. Montesinos, D. Pelé, "A Fast Matching Method for Color Uncalibrated Images Using Differential Invariants," *BMVC-98, The 9th British Machine Vision Conference, University of Southampton UK*, 14-17 September, 1998.
- [23] P. Montesinos, V. Gouet, R. Deriche, D. Pelé, "Matching Color Uncalibrated Images Using Differential Invariants, " *Image and Vision Computing, Special Issue BMVC'2000, Elsevier Science*, Vol. 18, No. 9, pp 659-671, June 2000.

- [24] Loce R. P., and Dougherty, E. R., "Enhancement and Restoration of Digital Documents: Statistical Design of Nonlinear Algorithms," *SPIE Press*, Vol. PM29, Bellingham, WA, 1997.
- [25] C. Bailard and A. Zisserman, "A plane-sweep strategy for the reconstruction of buildings from multiple images," *In ISPRS Congress and Exhibition*, 2000.
- [26] Baldwin, J.F.: "A new approach to approximate reasoning using fuzzy logic," *Fuzzy Sets and Systems* 2, 1979, pp. 309–325.
- [27] Bandler, W., Kohout, L.J.: "Fuzzy power sets and fuzzy implication operators," *Fuzzy Sets and Systems* 4, 1980, pp. 13–30.
- [28] Buchanan, B.G., Shortliffe, E.H.: "Rule-Based expert Systems," *Readings (MA)*, USA: Addison–Wesley, 1984.
- [29] Dombi, J., "A general class of fuzzy operators, the De Morgan class of fuzzy operators and fuzziness induced by fuzzy operators," *Fuzzy Sets and Systems* 8, 1982, pp. 149–163.
- [30] Dubois, D., Prade, H., "An introduction to possibilistic and fuzzy logic," See Shafer and Pearl 1990, pp. 742–761. ISBN 1-55860-125-2.
- [31] Dubois, D., Prade H., Yager, R.R. (Eds.), "Readings in Fuzzy Sets for Intelligent Systems," *Morgan Kaufmann Publishers*, 1993, ISBN 1-55860-257-7.
- [32] Gaines, B.R., "Foundations of fuzzy reasoning," *International Journal of Man- Machine Studies* 8, 1976, pp. 623–668.
- [33] Harris, C.J., Moore, C.G., "Intelligent identification and control for autonomous guided vehicles using adaptive fuzzy-based algorithms," *Engineering Applications of Artificial Intelligence* Vol. 2, 1989, 267–285.