

## A KUTATÁS FŐBB ADATAI

OTKA nyilvántartási szám: **T76159**

A kutatási téma címe: **Strukturális információ az érzékelők mérési terében**

A kutatási időszak: **2008 október – 2012 október**

Az OTKA támogatás összege (ezer Ft): 20 421

A témavezető neve: **SZIRÁNYI Tamás**

Tudományos fokozata: *MTA DR*

Beosztása: *egyetemi tanár*

Munkahelyének megnevezése: *MTA SZTAKI*

Munkahelyének címe: MTA SzTAKI, Budapest, 1111 Kende utca 15.

Telefon/Fax: 2796106 / 2796292

**Az OTKA nyilvántartási szám feltüntetésével megjelent publikációk száma: 18**

## THE MAIN DATA OF THE PROJECT

**OTKA ID Number: T76159**

**Title of the Project: Structural information in the space of sensor networks**

Research Period: 2008-2012

Sum of OTKA Support (Thousand of Forints): 20 421

Name of Principal Investigator: Tamás Szirányi

Scientific Degree: DSc

Position: professor

Name of Institute: MTA SzTAKI, Budapest, 1111 Kende utca 15.

Telephone/Fax: 2796106 / 2796292

**Number of Publications to OTKA ID Number: 18**

Részletes beszámoló az **OTKA T76159** számú, a  
**Struktúrális információ az érzékelők mérési terében** című,  
2008-2012 időtartamú szerződéséhez

**Összefoglaló beszámoló**

A projekt során különböző körülmények között végeztünk méréseket, és ennek megfelelő feladatokban értünk el eredményeket:

1. Több kamera használatával: mozgáskövetés, mozgásjelleg/viselkedés felismerés, helyszín geometria viszonyainak bemérése.
2. Mélységi detekcióra alkalmas eszközökkel: LIDAR és TOF kamera képeiből illetve pontfelhőjéből detektáltunk mozgásjellemzőket, 3D alakzatokat.
3. Légi és orvosi képeken illetve képsorozatokon: változások követése, jellegzetes struktúrák detektálása.

A projekt során jelentős elméleti eredmények születtek:

1. A vizsgált helyszín jellemző struktúráinak illetve változásainak felismerésére,
2. Új képleírók kidolgozása gyenge felbontású alakzatok felismeréséhez és finom felbontású aktív kontúr előállítására,
3. Videókép sorozatokon a szokatlan mozgássorok illetve speciális viselkedések felismerése, követése,
4. Mélységi információk szűrése 2D (gráfok, dekonvolúció), illetve 3D (LIDAR, TOF) adatokon.

Az eredményeket a téma szakkonferenciáin, illetve a szakma jelentős folyóirataiban publikáltuk.

**Summary**

We have built up several measurement environments for the project's purposes, and we have achieved results evaluating the experiments in these setups:

1. Multicamera system: motion tracking, recognition of the behavior of the objects, the structural geometry given by the scene events,
2. Devices for depth measurements: images and point-clouds of LIDAR and Time-of-Flight cameras for motion tracking and shape detection,
3. Aerial and medical images/image series: detection of changes, finding featuring structures.

During the project the following important theoretical results have been published in the most important conferences and journals:

1. Change detection and structure recognition of the given scene,
2. Improved feature point set for low resolution pattern recognition and enhanced active contour detection,
3. Unusual motion flow pattern and crowd behavior detection on video sequences,
4. Depth information filters in 2D (graphs, deconvolution) and in 3D (LIDAR, TOF).

### **A projekt során kialakítottunk négy mérőkörnyezetet:**

1. Sokkamerás hálózat: Az MTA SZTAKI biztonsági kamerarendszerének részbeni elérése, kutatási célú használattal
2. Infra-, mélységi- (Time of Flight), optikai-kamerákból létrehozott szenzor-hálózat és fúziós rendszer
3. LIDAR 2.5 nagyhatósugarú szkener külső (SZTAKI belső pályázat, 18mFt) támogatásból; az OTKA a mérési körülmények kialakításában (felépítmények) segített
4. Több mikrofonból és National Instruments LabView alapú fejlesztői és mintavevő rendszerből kialakított hang-lokalizációs mérési környezet (korábbi ipari támogatás alapján)

### **Főbb eredmények**

#### **Az első év munkája és eredményei:**

A kutatómunkában a projektvezetőn kívül négy tervezett diák vett részt:

- Kiss Ákos diplomázó, BME VIK: Indexing and retrieval tools, Annotation methods, Searching engines
- Keszler Anita doktorandusz, BME VIK: Graph methods in Indexing and retrieval tools, Annotation methods;
- Kovács Andrea doktorandusz, PPKE ITK: image feature detection;
- Utasi Ákos, ifjú kutató: motion tracking, event detection.

Szerzőtársként, díjazás nélkül még Benedek Csaba és Kovács Levente postdoc-ok szerepeltek.

Nyári munkában még a témán dolgozott Németh Balázs és Karácsony Kolos BSC hallgatók, intézeti finanszírozásban.

- I/1. - Létrehoztunk egy, a National Instrument Labview rendszerébe illesztett laboratóriumi alkalmazást, ahol a mikrofonok jeléből megállapított hangforrás irányába fordítjuk a kamerát.
- I/2. - Többnézetű videóképek alapján a kültéren 3D-ben csoportosan mozgó emberek mozgásjellegét detektáltuk nagy biztonsággal, a mintavideókon tesztelve: gyaloglásból csoportos futás, csoport szétválása, emberek száma. Ezt az eredményünket elfogadták a rangos PETS 2009 konferencián, ahol előadáson ismertettük.
- I/3. - Az apró objektumok beméréséről és felismeréséről szóló eredményünket a SPIE célkonferenciáján ismertettük. A módszer alapja a statisztikai információkon és hatékony alakleírókon alapuló tanító eljárás, amivel a céltárgy típusát és mozgás-sajátosságait detektáljuk.
- I/4. - A légifelvételeken több év távlatából felderíthető változások detektálására dolgoztunk ki sztochasztikus optimalizáción alapuló eljárást. Olyan módon tudunk a képen történt változásokból érdemi információt kiszedni, hogy a kép megvilágítása, szín- és alak-tartalma (évszak, árnyékhatás, vegetációs változás) alapvetően különbözik, mi mégis megtaláljuk a

strukturális változásokat. Az eredményt a szakma legrangosabb folyóiratában, az IEEE Tr. GRS-ben publikáltuk.

I/5. - A csoportos mozgás összehangoltságának statisztikai becslésre az elérhető videó-adatbázisokat teszteltük. Egyes biológia, illetve sport (football) felvételek talán használhatóak lesznek. A felügyeleti videókon kevés a használható adat (a riasztás -ami a lényeg - nagyon ritka). A rejtett Markov becslésen alapuló esemény-kiértékelés részben elkezdődött.

I/6. - Az intézeti felügyeleti kamerarendszerhez hozzáférést építettünk ki, és az utcai járókelők bizonytalan mozgásának felismerésében vannak kezdeti eredmények.

Az 5 és 6 eredmények már a 2. évet készítették elő.

#### A munkaterv szerinti teljesülések:

- Configuring virtual environment laboratory with visual sensor network - teljesült, #1 és #6;
- Creating camera networks for tracking the events - teljesült, #6;

Novel algorithms:

- Implementing 3D sensing models in mosaic images extracted from videos through robust registration techniques - teljesült a PETS-ben megadott eljárással, #2 és a mozgó platformos detekcióval a #3-ban
- Information management: sensor database, querying, information summarization - teljesült, folyamatos munka

Basic problems to solve:

- Detecting the important changes in a dynamic scene through stochastic optimization - teljesült, #4, IEEE Tr.GRS

Az I. év során az alábbi publikációk születtek: [1] – [3].

#### A második év munkája és eredményei:

A kutatómunkában a projektvezetőn kívül öt tervezett diák vett részt:

- Kiss Ákos doktorandusz (BME VIK): Graphical interfaces, motion tracking
- Keszler Anita doktorandusz (BME VIK): Graph methods in Indexing and retrieval tools, Annotation methods;
- Kovács Andrea doktorandusz (PPKE ITK): image feature detection;
- Utasi Ákos, ifjú kutató: motion tracking, event detection, multiview tracking;
- Németh Balázs (intézeti támogatással): multiview tracking;

Diák munkában még a témán dolgozott Velkey Sámuel, Horváth Csaba, Szabó Balázs BSC hallgatók (PPKE ITK).

II/1. - Az év során elkészült egy programkörnyezet és algoritmusok a mozgó kamerás platform (légikép, UAV) videó képéről történő mozgáskövetésre. Az eljárás nemcsak felismeri a mozgó célpontot a mozgó kamerával, de követni is képes. A módszer tesztelése magyar légifelvételeken (ballonról) valamint a müncheni Bundeswehr Egyetem UAV felvételein történt.

- II/2. - Módszereket dolgoztunk ki a légi és orvosi felvételeken történő változások automatikus detektálására. Ehhez új jellemző-pont leírási eljárásokat kellett létrehozni, és a változásokat sikerült hatékonyan jellemezni, valamint gráf alapú leírásokkal komplex detekciót végrehajtani.
- II/3. - A bonyolult helyszínekre vonatkozóan felépítettünk egy hierarchikus HMM modellt: a mozgásjellemzők/állapotok becslése alapján a jármű-forgalom jellegére is lehet becslést tenni. A lehetséges események száma (szabadságfoka) ezzel skálázhatóvá válik.
- II/4. - Kifejlesztettünk új, emberi mozgásra jellemző dinamikus jellemzőket, és ezzel összetett mozgásformákat tudunk felismerni.
- II/5. - Elkészült egy sok-kamerás esemény-elemző szoftverrendszer, melynek feladata az általa belátott területen érzékelt emberekről eldönteni, hogy bizonytalanok-e.
- II/6. - Közben, pótlólagos intézeti támogatással, készülöben van egy több multimédiás forrást kezelő és visszakereső szoftverrendszer (CAK), mely a későbbi teszteléseket fogja segíteni.

#### A munkaterv szerinti teljesülések:

- Analysis, classification, recognition of events from multi sensor data - teljesült, #5;
- Markov Models on the detected events - teljesült, #3;

Basic problems to solve:

- Estimating the degree of freedom through reduction of dimension of the statistical model - teljesült, #3;
- Hidden Markov Model analysis on multisensor samples of detected events - teljesült, #3;

A II. év során az alábbi publikációk születtek: [4] – [9].

#### A harmadik év munkája és eredményei:

A kutatómunkában a projektvezetőn kívül öt tervezett diák vett részt:

- Kiss Ákos doktorandusz (BME VIK): Graphical interfaces, motion tracking
- Keszler Anita doktorandusz (BME VIK): Graph methods in Indexing and retrieval tools, Annotation methods;
- Kovács Andrea doktorandusz (PPKE ITK): image feature detection;
- Németh Balázs (intézeti támogatással): multiview tracking;
- Szolgay Dániel doktorandusz (PPKE ITK támogatással);
- Diák munkában még a témán dolgozott Velkey Sámuel és Homolya Miklós.

- III/1. - A mozgó kamerás platform (légikép, UAV) videó képéről történő mozgáskövetésre szolgáló eljárást a müncheni Bundeswehr Egyetem UAV rendszerében teszteltük.
- III/2. - Új módszereket dolgoztunk ki a légi és orvosi felvételeken történő változások automatikus detektálására. Ehhez új jellemző-pont leírási eljárásokat kellett létrehozni, és a változásokat sikerült hatékonyan jellemezni.
- III/3. - Kidolgoztunk egy, az eddigieknél pontosabb aktív kontúr eljárást, amivel az előtér alakzatok körvonala precízebben kinyerhető.

- III/4. - Kidolgoztunk egy elvileg új eljárást a képi alakzatok textúráinak és körvonalainak elkülönítésére.
- III/5. - Elkészült egy sok-kamerás eseményelemző szoftverrendszer, melynek feladata az általa belátott területen érzékelt emberekről eldönteni, hogy bizonytalanok-e; a fej irányának a meghatározása már viszonylag megbízhatóan működik.
- III/6. - A kép fókuszált területeinek a megtalálására, illetve ennek javítására két új módszert is kifejlesztettünk.
- III/7. - Intézeti forrásból beszerzésre került egy Velodyne LIDAR készülék. Ezt kívánjuk - mozgó laborként - használni a környezeti változások követésére. A készülék beüzemelése és a keretrendszer kialakítása folyamatban van, alkalmazása a jelen projekthez is teremt mérési környezetet.
- III/8. - Közben, pótlólagos intézeti támogatással, készülöben van egy több multimédiás forrást kezelő és visszakereső szoftverrendszer (CAK), mely a későbbi teszteléseket fogja segíteni. A következőkben a képi jellemzők mellett a mozgásjellemző eljárásokat kívánjuk beilleszteni a helyszín-kiértékelési feladatokban.

A munkaterv szerinti teljesülések:

List of tasks

- Effects of intervention - teljesült, #1 #5;
- Examining the aperture problem as function of sampling - teljesült, #6;

Basic problems to solve:

- Measuring the rate of the effect of intervention by estimating the change in the event-space's dimensionality - teljesült, #5;

A III. év során az alábbi publikációk születtek: [10] – [14], [16].

A negyedik év munkája és eredményei:

A kutatómunkában a projektvezetőn kívül résztvevők:

- Palotási András, műszerész, a mérőkörnyezet kialakításában
- Spórács László, diák
- Pálfi Gyula Viktor, diák
- Homolya Miklós, diák
- Kiss Ákos doktorandusz
- Kovács Andrea volt doktorandusz, szerzőtárs konferenciákon

IV/1. - Kidolgoztunk egy valószínűségi optimalizáláson alapuló előtér-szegmentáló eljárást 360°-os látószögű 2,5 dimenziós adatfolyamra, amelyet egy forgó többsugaras Lidar szenzor készít, fix pozícióból szkennelve. A valós idejű működéshez a szabálytalan elhelyezkedésű pontfelhőt egy hengerfalra vetítjük, ezzel mélységi képet kapunk egy szabályos térrácson. A szegmentálást ezután 2D-ben végezzük el. A diszkretizált látószög kvantálási hibáiból adódó tévesztési hibák, a szenzor-kalibráció nemlineáris pozíció korrekciói, és a háttér villódzásai (amely pl. a növényzet finom mozgásából adódik) következtében fellépő zavarokat az általunk javasolt dinamikus MRF modell eredményesen tudja kiszűrni. Ez a modell a háttér

és az előtér leírását tér- és idő-beli tulajdonságokkal is jellemzi. A javasolt megoldás forgalomkövetésre és térfigyelő rendszerek alkalmazására is lehetőséget ad. [20]

IV/2. - Kidolgoztunk egy új mozgó alakzatokat regisztráló eljárást járókelők talppontjának és fej helyzetének kölcsönös 3D összerendezésére többkamerás nézetben. A számítás alapját a lábfej elliptikus modelljét, és a nézetek leképezési kúpjainak kapcsolódásait számítja. Az eljárással a járási sík felülete, illetve ennek egynél több síkja pontosan számítható valós időben. [21]

IV/3. - Új megoldást adtunk a légiképeken történő alakzatfelismerésre, a lakott területek és a vegetációs mintázatok elkülönítésére. Ezzel a projekt elején elért [1] eredményünket egészítettük ki – lényegesen pontosabb szegmentációs eredményre adva lehetőséget. [15], [18]

IV/4. - A projekt során kifejlesztett [14] módosított Harris jellemzőpont leírókat alkalmazva gyenge felbontású *valós* légi képeken nagyon jó felismerési eredményt értünk el. [17]

#### A munkaterv szerinti teljesülések:

##### List of tasks:

- Networking for sensor nets: routing, large-scale analysis – teljesült a labor és mérőkörnyezet kialakítással

##### Basic problems to solve:

- Projecting physical processes and their models into the space of network of sensor-signals – teljesült, #1 és #2

##### Expected results:

- *At least 2 publications, at least one of them in journal:* teljesült, mivel a projekt során évenként és eredményül is a tervezettnél sokkal több, 20 (közte 5 IF folyóirat) publikáció készült el.
- *Quantitative statistics about the recognition results:* Valamennyi eredmény a szakma legmagasabb követelményeinek megfelelő adatokkal és módszerekkel lett tesztelve és publikálva.
- *Application specific measurements:* A tervezett mérési körülményeknél több, a 4 laborleírásnak megfelelő alkalmazási környezet került kialakításra.

A IV. év során az alábbi publikációk születtek: [15], [17] – [21].

## A projekt során készült publikációk

1. **Benedek** Csaba, **Szirányi** Tamás: Change Detection in Optical Aerial Images by a Multi-Layer Conditional Mixed Markov Model, IEEE Tr. GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING, 2009
2. Kovács Levente, Utasi Ákos, **Szirányi** Tamás: Extraction, categorization and unusual motion signaling of small moving objects, In: Proceedings of Signal and Data Processing of Small Targets 2009: SPIE Optical Engineering + Applications. San Diego, Egyesült Államok, 2009.08.03-2009.08.05. San Diego, 2009
3. **Utasi** Ákos, Kiss Ákos, **Szirányi** Tamás: Statistical Filters for Crowd Image Analysis, 11th IEEE International Workshop on Performance Evaluation of Tracking and Surveillance: PETS 2009, in Conjunction with IEEE Computer Soc. Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition, 2009
4. Akos Utasi, Andrea **Kovacs**: Recognizing human actions by using spatio-temporal motion descriptors, LNCS, ACIVS 2010: Advanced Concepts for Intelligent Vision Systems. Sydney, Ausztrália, 2010.12.13-2010.12.16., 2010
5. **Kovács** Andrea, **Szirányi** Tamás: Shape detection of structural changes in long time-span aerial image samples by new saliency method, Isztambul, Törökország, 2010.10.11-2010.10.14. Isztambul: pp. 1-6., 2010
6. **Kovács** Andrea, **Szirányi** Tamás: New saliency point detection and evaluation methods for finding structural differences in remote sensing images of long time-span samples, LNCS, ACIVS 2010: Advanced Concepts for Intelligent Vision Systems. Sydney, Ausztrália, 2010.12.13-2010.12.16. Sydney: Spiegel Verlag, Paper 250., 2010
7. Mátyus Gellért, Benedek Csaba, **Szirányi** Tamás: Multi target tracking on aerial videos, In: ISPRS Workshop 2010: Modeling of optical airborne and space borne sensors. Modeling of optical airborne and space borne sensors. Isztambul, Törökország, 2010.10.11-20, 2010
8. **Utasi** Ákos, Czúni László: Detection of unusual optical flow patterns by multilevel hidden Markov models, Optical Engineering, Volume 49, Issue 1, January, 2010, 2010
9. **Németh** Balázs: Mozgás és alak felismerése kameraképeken, ezek összehasonlítása, komplex események kiértékelése, BSc szakdolgozat, PPKE ITK, 2010
10. Andrea **Kovács**, Tamás **Szirányi**: Improved force field for Vector Field Convolution method, ICIP - IEEE International Conference on Image Processing. Bruxelles, Belgium, 2011.09.11, 2011
11. D. Szolgay, T. **Szirányi**: Orthogonality based stopping condition for iterative image deconvolution methods, Képfeldolgozók és Alakfelismerők Társaságának (KÉPAF), 2011
12. Keszler Anita, **Szirányi** Tamás: Kis mélységélességű képek fókuszált területeinek kiválasztása gráf alapú eljárással, Képfeldolgozók és Alakfelismerők Társaságának Konferenciája, (KÉPAF), 2011
13. **Szirányi** Tamás és Szolgay Dániel: Geometrical and Textural Component Separation with Adaptive Scale Selection, LNCS 7252, Int. WS Computational Intelligence for Multimedia Understanding, 2011
14. **Kovács** Andrea és **Szirányi** Tamás: Harris function based active contour external force for image segmentation, Pattgern Recognition Letters, 2012
15. **Kovács** Andrea és **Szirányi** Tamás: Orientation Based Building Outline Extraction in Aerial Images, XXII ISPRS Congress of the International Society for Photogrammetry and Remote Sensing: ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing and the Spatial Information Science, 2012
16. **Kovács** Andrea, **Szirányi** Tamás, Barsi Péter: Automatic detection of structural changes in single channel long time-span brain MRI images using saliency map and active contour methods, 19th IEEE international conference on image processing, ICIP, Orlando, 2012
17. Kovács Levente, **Kovács** Andrea, Utasi Ákos, **Szirányi** Tamás: Flying target detection and recognition by feature fusion, Optical Engineering V.51, 2012



18. **Kovács** Andrea és **Szirányi** Tamás: Improved Harris feature point set for orientation sensitive urban area detection in aerial images, IEEE GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING LETTERS, 2013
19. **Kiss** Ákos és **Szirányi** Tamás: Emberek észlelése több nézetből tetszőleges felszínen, GrafGeo, Sixth Hungarian Conference on Computer Graphics and Geometry, 2012
20. Benedek Csaba, Molnár Dömötör és **Szirányi** Tamás: A Dynamic MRF Model For Foreground Detection On Range Data Sequences of Rotating Multi-Beam Lidar, Conference: International Workshop on Depth Image Analysis. In: Lecture Notes in Computers Science, 2012
21. Kiss Ákos, Szirányi Tamás: Multi-view People Detection on Arbitrary Ground in Real-Time, VISAPP 2013, 2013