

Záverečná karta projektu

Názov projektu Evidenčné číslo projektu **APVV-15-0665**

Obrazová analýza mikroskopických častíc pri automatizácii optických manipulačných techník aplikovateľných v mikro/nanorobotike.

Zodpovedný riešiteľ **doc. Ing. Zoltán Tomori, CSc.**

Príjemca **Ústav experimentálnej fyziky SAV**

Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

Ústav experimentálnej fyziky SAV

Názov a štát zahraničného pracoviska, ktoré spolupracovalo pri riešení

- Biofyzikálny ústav Maďarskej akadémie vied v Szegede, Maďarsko
- Neuroregeneration Laboratory, Department of Anesthesiology, University of California, San Diego USA

Udelené patenty/podané patentové prihlášky, vynálezy alebo úžitkové vzory, ktoré sú výsledkami projektu

Podané:

Method of interactive quantification of digitized 3D objects using an eye tracking camera.
PCT patent application (2017), US patent application (2019)

Najvýznamnejšie publikácie (knihy, články, prednášky, správy a pod.) zhrňujúce výsledky projektu – uveďte aj publikácie prijaté do tlače

- J. Kubacková, G. T. Iványi, V. Kažiková, A. Strejčková, A. Hovan, G. Žoldák, G. Vizsnyiczai, L. Kelemen, Z. Tomori, and G. Bánó, "Bending dynamics of viscoelastic photopolymer nanowires," Applied Physics Letters, vol. 117, no. 1, pp. 013701, 2020.
- M. Bravo-Hernandez, T. Tadokoro, M. R. Navarro, O. Platoshyn, Y. Kobayashi, S. Marsala, A. Miyanojara, S. Juhas, J. Juhasova, H. Skalnikova, Z. Tomori, I. Vanicky, H. Studenovska, V. Proks, P. Chen, N. Govea-Perez, D. Ditsworth, J. D. Ciacci, S. Gao, W. Zhu, E. T. Ahrens, S. P. Driscoll, T. D. Glenn, M. McAlonis-Downes, S. Da Cruz, S. L. Pfaff, B. K. Kaspar, D. W. Cleveland, and M. Marsala, "Spinal subpial delivery of AAV9 enables widespread gene silencing and blocks motoneuron degeneration in ALS," Nature Medicine, vol. 26, no. 1, pp. 118-130, 2020/01/01, 2020.
- M. Korabecna, Z. Tonar, Z. Tomori, and E. Demjen, "Optimized cutting laser trajectory for laser capture microdissection," Biologia, vol. 74, no. 6, pp. 717-724, Jun, 2019.
- P. Keša, D. Jancura, J. Kudláčová, E. Valušová, and M. Antalík, "Excitation of triplet states of hypericin in water mediated by hydrotropic cromolyn sodium salt," Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy, vol. 193, pp. 185-191, 3/15/, 2018.
- Matiasova, J. Sevc, Z. Tomori, Z. Gombalova, S. Gedrova, and Z. Daxnerova, "Quantitative Analyses of Cellularity and Proliferative Activity Reveals the Dynamics of the Central Canal Lining During Postnatal Development of the Rat," Journal of Comparative Neurology, vol. 525, no. 3, pp. 693-707, Feb, 2017.

- P. Kesa, and M. Antalík, "Determination of pK(a) constants of hypericin in aqueous solution of the anti-allergic hydrotropic drug Cromolyn disodium salt," *Chemical Physics Letters*, vol. 676, pp. 112-117, May, 2017.
- Z. Tomori, V. Kazikova, J. Kubackova, and G. Bano, "Video analysis of polymerized micro-cantilever deflected by the laser trap," *Optical Trapping and Optical Micromanipulation XVI, Proceedings of SPIE K. Dholakia and G. C. Spalding, eds.*, 2019.
- J. Kubackova, V. Kazikova, G. Zoldak, Z. Tomori, and G. Bano, "Mechanical perturbation of tailor-made elastic micro-structures using optical tweezers," *Optical Trapping and Optical Micromanipulation XVI, Proceedings of SPIE K. Dholakia and G. C. Spalding, eds.*, 2019.

Uplatnenie výsledkov projektu

Vyvinutá metodika merania viskozity pomocou polymerizovanej pružiny vychýľovanej z rovnovážnej polohy pomocou laserovej pasce sa dá použiť na meranie viskozity malého množstva tekutej vzorky v mikrofluidnom systéme. Vypracovaný teoretický model pohybu slúži na analýzu obrazových dát z vysokorýchlostnej kamery snímajúcej pohyb voľného konca pružiny po jej uvoľnení.

Softvér na analýzu počtu buniek z konfokálneho a svetelného mikroskopu umožňuje kvantifikovať počty neurónov v preparáte a posúdiť účinnosť metódy transportu liečiv. V prípade kde nie je možné počítať bunky automaticky bol vyvinutý spôsob, ktorý urýchľuje manuálnu identifikáciu hľadanej bunky pohľadom pomocou eye-trackera. Tento spôsob urýchľujúci manuálnu analýzu je predmetom podanej patentovej prihlášky.

Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v slovenskom jazyku (max. 20 riadkov)

Jednotlivé ciele projektu boli zamerané na uplatnenie metód analýzy obrazu pri identifikácii a lokalizácii mikroskopických objektov. Sledovanými objektami sú napr. neurónové bunky, resp. polymerizované objekty vložené do mikrofluidného prostredia a inteligentne ovládané prostredníctvom laserových pascí. Všetky ciele boli realizované v rozsahu potrebnom na posúdenie ich perspektívnosti z hľadiska výstupov.

Najvýznamnejším výsledkom projektu je vyvinutie novej metodiky merania viskozity vzoriek veľmi malých objemov. Metóda využíva vychýlenie voľného konca pružného polymerizovaného objektu (nanodrôtu) z rovnovážnej polohy laserovou pascou. Po vypnutí lasera je spätný pohyb nahrávaný pomocou vysokorýchlostnej kamery. Následná obrazová analýza videozáznamu identifikuje presnú trajektóriu pohybu hlavy pružiny. Na základe navrhnutého teoretického modelu je možné z trajektórie vypočítať viskozitu. Proces opakovaného vychýľovania a uvoľňovania štruktúr po vopred určenej trajektórii bol automatizovaný čo viedlo k presnejšiemu meraniu. Boli tiež vykonané viaceré experimenty s ovládaním pohybu polymerizovaných štruktúr či už interaktívne alebo autonómne. Okrem toho sme popísali a implementovali rôzne spôsoby analýzy obrazu použité pri dokazovaní účinnosti špeciálneho spôsobu transportu liečiv.

Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v anglickom jazyku (max. 20 riadkov)

The individual goals of the project were focused on the application the image analysis methods in the identification and localization of microscopic objects. The studied objects were neuron cells or polymerized objects embedded in a microfluidic environment and intelligently controlled by laser traps. All objectives has been fulfilled to the extent necessary to consider their prospects in terms of outputs.

The most important result of the project is a new methodology for measuring the viscosity of samples of very small volumes. It exploits the deflecting of the free end of a flexible polymerized object (nanowire) from an equilibrium position by a laser trap. After turning off the laser, a high-speed camera records the backward movement. Subsequent video analysis identifies the exact trajectory of the springhead movement. From the trajectory, it is possible to calculate the viscosity using the proposed theoretical model. The process of repeated deflection and relaxation of the structure along a predetermined trajectory was automated, which led to a more accurate measurement. Several experiments to control the motion of polymerized structures (interactively or autonomously) have also been performed. In addition, we described and implemented various methods of image analysis that proved the effectiveness of a special method of drug transport.

