بیست و ششمین کنفرانس اپتیک
و فوتونیک ایران و دوازدهمین
کنفرانس مهندسی و فناوری
فوتونیک ایران،
دانشگاه خوارزمی،
تهران، ایران.
۱۶-۱۵ بهمن ۱۳۹۸

طراحی و ساخت سیستم تصویربرداری اسپکلی لیزری به منظور مشاهده جریان خون کورتکس مغز

امیر اسدالهی [۱]، علی رضایی [۱]، حمید لطیفی [۱و۲و*]

[۱] پژوهشکده لیزر و پلاسما، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

[۲] دانشکده فیزیک، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

latifi@sbu.ac.ir *

چکیده - مشاهده جریان خون در کورتکس مغز اهمیت زیادی در زمینه‌های وسیعی به خصوص جراحی عصبی دارد. در این مطالعه، طراحی و ساخت سیستم تصویربرداری از جریان خون کورتکس مغز موش صحرایی به روش کانتراست اسپکلی لیزری مورد مطالعه قرار گرفته است. این روش ساده، کم هزینه و همچنین با میدان دید وسیع است که نیازمند جاروب کردن نمونه نمی‌باشد. در این مطالعه از یک لیزر کم توان و یک میکروسکوپ که دوربینی روی آن نصب شده استفاده شده است. به منظور آزمایش ها از کورتکس مغز موش صحرایی استفاده شده است. نتایج بدست آمده نشان‌دهنده قابلیت استفاده از این سیستم برای پایش کردن جریان خون در حین عمل جراحی و تست های عملکردی و رفتاری است. قابلیت آشکار سازی رگ‌هایی با قطر ۱۰ میکرومتر در میدان دید ۱۰×۱۰ میلی متر مربع و نرخ تصویربرداری ۳۰ فریم در ثانیه از ویژگی های این سیستم است.

کلید واژه- اسپکل لیزری، کانتراست اسپکل، کورتکس مغز

Design and Construction of Laser Speckle Contrast Imaging System for Monitoring Blood Flow of Brain Cortex

Amir Asadollahi [1], Ali Rezaei [1], Hamid Latifi [1, 2,*]

[1] Laser and Plasma Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

[2] Faculty of Physics, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

* latifi@sbu.ac.ir

Abstract- Visualizing blood flow of brain cortex is very important in many studies especially during neurosurgery operations. In this study, we designed and constructed **a** Laser Speckle Contrast Imaging (LSCI) system for monitoring blood flow. This **system** is a simple, low cost and wide-field method that does not require sample scanning. A low power laser and a microscope with a camera mounted on that was used. Obtained results show the ability of this system for use in real time monitoring of blood flow during neurosurgery and functional tests. Blood veins as small as 10 µm at **field of view (FOV) of about 10***10 **mm^2 was** recorded. Image acquisition speed was 30 fps.

این مقاله درصورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد.

[Downloaded from opsi.ir on 2026-02-05]

Keywords: Brain Cortex, Laser Speckle Contrast Imaging, Speckle Contrast

مقدمه

توانایی قابل روئیت ساختن و مشاهده تغییرات جریان خون دینامیک در بافت اهمیت بسیاری برای محدوده بسیار بزرگی از کاربردها و بیماریها مخصوصاً در حین عمل جراحی دارد. در صورتیکه در حین جراحی، رگی مسدود شود و سریعا باز نشود، می‌تواند آسیب دیدگی رگ یا مخاطرات برگشت ناپذیر بافت را به دنبال داشته باشد. این مشکل زمانی برجسته تر می‌شود که بافت مورد نظر مغز باشد زیرا کاستی[۱] زیاد خون می‌تواند باعث نقص های عملکردی[۲] بعد از جراحی شود. برای جراحی هایی که نیازمند برداشتن قسمتی از بافت مغز بیمار هستند، مانند برداشتن تومور، پایش جریان خون مغز[۳] می‌تواند برای نواحی خاصی از بافت مغزی مورد استفاده قرار گرفته و ماندگاری[۴] بافت بعد از جراحی را ارزیابی کند. در حال حاضر جراحان با استفاده از نور معمولی و به صورت کیفی به بررسی جریان خون در رگها اقدام می‌کنند. اگرچه روشهای دیگری برای پایش کردن جریان خون در حین عمل جراحی وجود دارد، هیچ کدام از آنها تحت تمام شرایط قابل اتکا نیستند و در حال حاضر در حال بهبود هستند[۱].

اسپکل لیزری طرح تداخلی تصادفی نور همدوس از محیط تصادفی است. نور لیزر از نقاط مختلف درون محیط پراکنده شده و مسیرهای متفاوتی طی می‌کند و باعث تداخل سازنده و ویرانگر می‌شود. زمانیکه نور پراکنده شده روی حسگر دوربین تصویر گردد، تداخل باعث تولید طرح دو بعدی با شدت متغیر تصادفی در مکان به نام اسپکل می شود. اگر محیط متشکل از پراکنده کننده‌های خاص مانند گلبول های قرمز خون باشد، طرح اسپکل در زمان تغییر کرده و باعث تغییر فاز نور پراکنده شده خواهد شد. با تصویر کردن طرح اسپکل متغیر با زمان توسط دوربینی با زمان نورگیری (تا چند ۱۰ میلی ثانیه) بزرگتر از مقیاس زمانی تغییرات شدت اسپکل(کمتر از ۱ میلی ثانیه برای بافت)، دوربین تغییرات زمانی شدت را جمع آوری نموده و باعث تار شدن طرح اسپکل خواهد شد. بنابراین مناطق با حرکت بالا دارای تغییرات شدت بالا بوده و تار شدگی بیشتری را نتیجه خواهند داد. با آنالیز این تار شدگی می‌توان به مقیاسی از جریان خون دست یافت[۱و۲]. با استفاده از رابطه زیر می‌توان کانتراست اسپکلی را برای تصویر خام اسپکلی بدست آورد:

$$K = \sigma / I \qquad (۱)$$

در این رابطه σ انحراف معیار و I شدت میانگین درون هر همسایگی n*n پیکسل (i , j) می باشد.

بخش تجربی

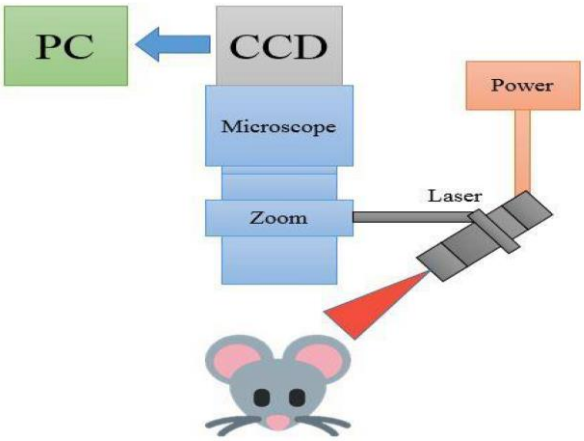
سیستم تصویربرداری از یک میکروسکوپ سه چشمی تشکیل شده که یک دوربین ۲ مگاپیکسلی با عمق رنگ ۱۲ بیت روی آن نصب شده است. این سیستم دارای قابلیت روشنایی سطح نمونه با نور سفید و همچنین لیزر با طول موج ۶۵۰ نانومتر و توان ۵ میلی وات می‌باشد. در تصاویر (۲) و (۳) شماتیک سیستم و تصویر واقعی آن آورده شده است. به منظور آماده سازی نمونه ابتدا موش با کتامین و زایلازین بیهوش می‌شود. سپس قسمتی از جمجمه برداشته می‌شود و روی قسمت مورد نظر محلول مصنوعی مغزی نخاعی یا ACSF ریخته می‌شود تا شفافیت اپتیکی مناسبی داشته باشد. در تصویر ۳ نمونه آماده شده نشان شده است.

---

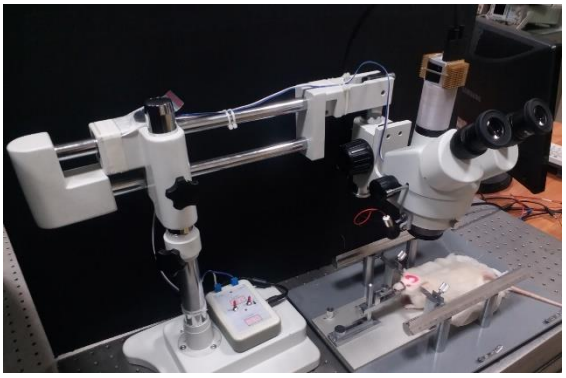
[۱] Ischemia
[۲] Functional
[۳] Cerebral blood flow
[۴] Viability

این مقاله درصورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد.

[Downloaded from opsi.ir on 2026-02-05]



تصویر ۱ : شماتیک سیستم تصویربرداری



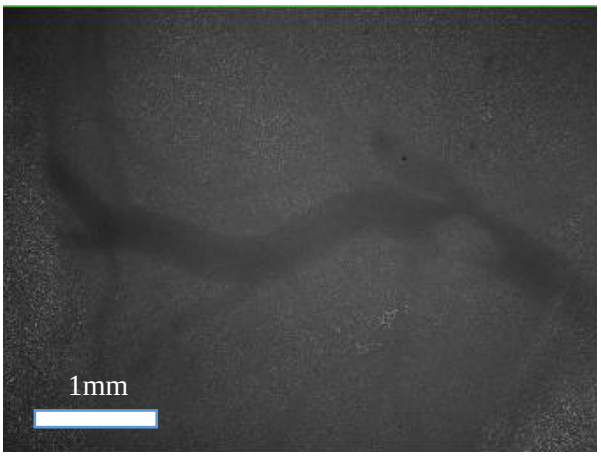
تصویر ۲ : سیستم تصویربرداری کانتراست اسپکلی لیزری

تصویر ۳ : نمونه موش آماده شده

بعد از آماده سازی، نمونه زیر میکروسکوپ قرار داده می‌شود. سپس لیزر روشن شده و تصاویر اسپکلی خام توسط دوربین ثبت می‌شود. به منظور ثبت و آنالیز تصاویر بدست آمده برنامه ای در محیط LabVIEW آماده شده است[۳و۴]. سرعت تصویربرداری توسط نرخ تصویربرداری دوربین و زمان نورگیری و مقدار میانگین گیری مشخص می شود. در آزمایش‌ها، زمان نورگیری ۲۲ میلی ثانیه، میانگین‌گیری از ۵ تصویر کانتراست و ناحیه همسایگی ۵×۵ پیکسل انتخاب شده است.

نتایج تجربی

بعد از آماده سازی، نمونه در زیر سیستم قرار داده شده و به ثبت تصاویر اسپکلی خام پرداخته می‌شود. در تصاویر (۴) و (۵) و (۶) تصاویر بدون پردازش از طرح اسپکلی نمونه، کانتراست اسپکلی و نمای نرم افزار آورده شده است. ناحیه تصویربرداری حدود ۵×۴ میلی متر مربع است.

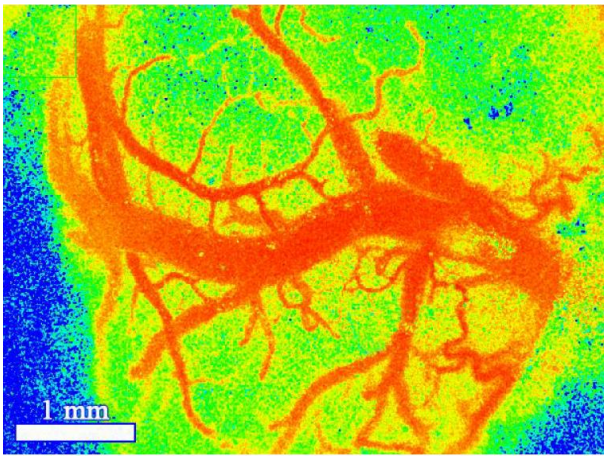


تصویر ۴ : تصویر اسپکلی خام از کورتکس موش صحرایی

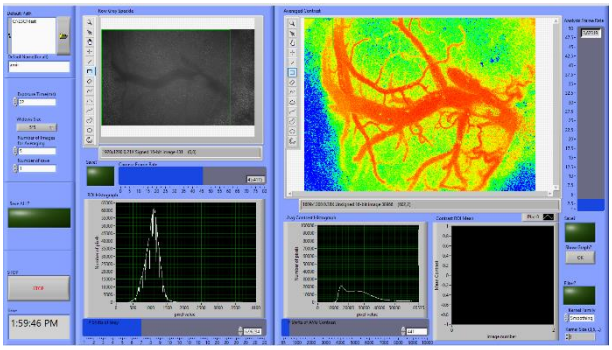
در انتهای آزمایش به منظور کم کردن مشکلات بعد از آزمایش برای حیوان مورد استفاده، حیوان طبق روشهای استاندارد مورد تایید دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، قربانی می‌شود. جریان خون مغزی در حین قربانی شدن حیوان نیز ثبت و در تصویر (۷) آورده شده است.

این مقاله درصورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد.

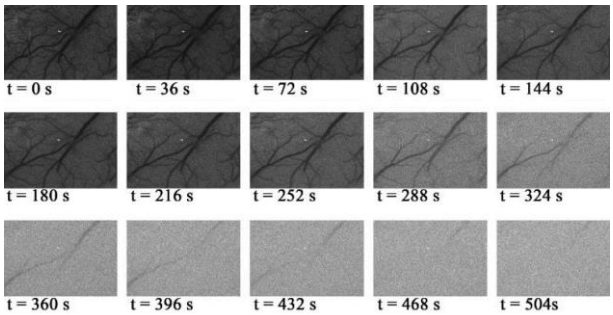
[Downloaded from opsi.ir on 2026-02-05]



تصویر ۵ : تصویر کانتراست اسپکلی کورتکس موش صحرایی که نشاندهنده جریان خون است.



تصویر ۶ : نمایی از نرم افزار آماده شده در محیط LabVIEW



تصویر ۷ : تغییرات زمانی جریان خون در حین قربانی کردن حیوان

مشاهده می‌شود با گذشت زمان جریان خون مغز کاهش یافته و نهایتا متوقف می‌شود.

نتیجه‌گیری

در این مطالعه نتایج طراحی و ساخت سیستم تصویربرداری از جریان خون مغز به منظور کاربردهای تشخیصی و پزشکی آورده شد. مشاهده گردید که این سیستم قابلیت استفاده در حین عمل جراحی و مطالعات عملکردی برای پایش کردن جریان خون را داراست. همچنین پیش بینی می‌شود این سیستم دارای توانایی زیادی در مطالعه جریان خون در سایر بافت های سطحی مانند شبکیه چشم، بررسی سوختگی، بررسی رگزایی و غیره باشد.

سپاسگزاری

این پروژه با حمایت ستاد علوم شناختی معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری انجام شده است.

مرجع‌ها

[1] Madsen, S.J., *Optical methods and instrumentation in brain imaging and therapy*. Vol. 3. 2012: Springer Science & Business Media.

[2] Briers, J.D., *Laser Doppler, speckle and related techniques for blood perfusion mapping and imaging.* Physiological measurement, 2001. **22**(4): p. R35.

[3] Tom, W.J., A. Ponticorvo, and A.K. Dunn, *Efficient processing of laser speckle contrast images.* IEEE transactions on medical imaging, 2008. **27**(12): p. 1728-1738.

[4] Hecht, N., et al., *Intraoperative monitoring of cerebral blood flow by laser speckle contrast analysis.* Neurosurgical focus, 2009. **27**(4): p. E11.

این مقاله درصورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد.

[Downloaded from opsi.ir on 2026-02-05]