لیزر در پزشکی؛ ۱۳۹۶، دورهٔ ۱۴، شمارهٔ ۱، صفحات: ۱۶-۱۰.

مقاله پژوهشی

# تشخیص دیابت با استفاده از آنالیز مو به روش LIBS-PLS DA

**زهرا درخشان‌زاده** [۱]
**محمد وحید دستجری** [۲]
**حسن رنجبر عسکری** [۳]

۱. *کارشناسی ارشد رشتهٔ فیزیک، گروه فیزیک، دانشگاه ولی عصر(عج) رفسنجان، رفسنجان، ایران*

۲. *کارشناسی ارشد رشتهٔ فیزیک گروه فیزیک، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران*

۳. *استاد، دکترای فیزیک، گروه فیزیک، دانشگاه ولی عصر(عج) رفسنجان، رفسنجان، ایران*

نویسندهٔ مسئول: زهرا درخشان‌زاده، تلفن: ۰۹۲۲۶۴۴۷۹۲۰
پست الکترونیک: **mandanaderakhshanzade@gmail.com**

**خلاصه**

**مقدمه:** دیابت یکی از شایع‌ترین بیماری‌ها در دنیا می‌باشد. روش‌های تشخیص این بیماری پرهزینه و نیازمند نمونه‌گیری از خون بیمار می‌باشد. یکی از روش‌های نوین تشخیص دیابت آنالیز طیف موی سر است. هدف ما در این پژوهش استفاده از لیزر و علم بیناب‌نمایی برای تشخیص کم هزینه و بدون نیاز به مواد مصرفی برای تشخیص سریع دیابت است.

**روش بررسی:** در این پژوهش، به‌منظور تشخیص دیابت به‌وسیلهٔ آنالیز موی سر توانایی روش بیناب‌نمایی فروشکست القایی لیزری مورد بررسی قرار گرفت. ابتدا موی سر ۵۰ فرد دیابتی و ۵۰ فرد سالم نمونه‌برداری و بیناب آن‌ها ثبت شد. سپس به‌منظور ایجاد یک مدل برای تشخیص و پایش افراد دیابتی از یک روش آماری چندمتغیره به‌نام آنالیز تفکیکی حداقل مربعات جزئی استفاده شد.

**یافته‌ها:** نتایج این پژوهش نشان داد، تشخیص دیابت به‌وسیلهٔ آنالیز موی سر و همچنین پیش بینی نمونه‌های ناشناس مورد آزمون به روش LIBS امکان‌پذیر است و نمونه‌های ناشناس مورد آزمون با دقت ۱۰۰ درصد به روش LIBS-PLS DA به‌درستی گروه‌بندی شدند.

**نتیجه‌گیری:** روش LIBS-PLS DA می‌تواند به‌عنوان یک روش جدید درکنار روش‌های مرسوم موجود برای تشخیص دیابت به‌منظور کاربردهای کلینیکی مورد استفاده قرار بگیرد.

**واژه‌های کلیدی:** بیناب‌نمایی فروشکست القایی لیزری، آنالیز تفکیکی حداقل مربعات جزئی، موی سر، دیابت

[ Downloaded from icml.ir on 2026-11-03 ]

## مقدمه

دیابت نوعی بیماری مزمن است که با تغییر میزان مواد ریزمغذی همچون منیزیم، کلسیم و پتاسیم همراه است[۱و۲]. این بیماری در اثر عدم تولید انسولین توسط لوزالمعده و یا عدم استفادهٔ بدن از انسولین تولیدشده، رخ می‌دهد[۳]. امروزه، دیابت یکی‌از مهم‌ترین مشـکلات بهداشتی- درمانی، اقتصاد و اجتماعی جهان محسـوب می‌شود[۴]. به‌گونه‌ای که بیش‌از صد و هفتاد میلیون نفر در دنیا مبتلا به این بیماری هستند. در کشور ما بالغ بر چهار میلیون نفر به این بیماری مبتلا هسـتند. افراد دیابتی بیشـتر از افراد عـادی در معرض عوارضی چون نابینایی، حمـلات قلبی، نوروپاتی، نفروپاتـی، بیماری‌های انـدام تحتانی و قطع عضو هسـتند. بروز عوارض مزمـن دیابت با مقادیر بالای گلوکز خون ارتباط دارد، به‌همین‌دلیل افراد دیابتی بیشـتر از افراد عادی در معرض عوارضـی چون نابینایی، ناراحتی های قلبی، نوروپاتی و نفروپاتی قرار می‌گیرند. بررسی‌ها نشان می‌دهد که عوارض غیرقابل برگشت دیابت ناشی‌از محصولات نهایی گلیکاسیون است کـه با ایجاد تغییر در ترکیب کلسـترول، آلبومیـن، کلاژن و هموگلوبین زمینهٔ بروز عوارض مختلف را در افراد دیابتی فراهم می‌سازد[۵].

پس‌از سال ۲۰۰۰، کاربردهای بیناب‌نمایی فروشکست القایی لیزری[۱] در صنایع نظامی و پزشکی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار شد[۶]. روش LIBS به‌واسـطهٔ داشـتن ویژگی‌های منحصربه‌فردی نظیر شناسـایی هم‌زمان چندعنصری، سـریع و آنی بـودن و عدم نیاز به آماده‌سـازی و همچنین نیـاز به مقدار کمی از نمونه (نانوگرم)، جهـت آنالیز مواد مختلف ازجمله نمونه‌های بیولوژیکی به‌کار گرفته شده است[۷]. بیناب‌نمایی فروشکست القایی لیزری یکی از روش‌های بیناب‌نمایی گسیل اتمی است که براساس آشکارسـازی و آنالیز گسیل‌های پلاسمای نمونه استوار است، با گسترش پلاسـما و سرد شدن آن گونه‌های یونی، اتمی و مولکولی مرتبط با عناصر موجود در نمونه شـروع به گسیل می‌کنند که با ثبت این گسیل‌ها توسط بیناب‌سنج و تحلیل طول‌موج‌ها و شدت‌های گسیلی می‌توان به اطلاعات کیفی و کمی از همهٔ گونه‌های موجود در نمونه دست‌یافت[۸]. درسال‌های اخیـر، در زمینـهٔ پزشـکی از این روش جهت تشـخیص بافت سـالم از بافت سـرطانی مختلف مانند سـنگ‌کلیه استفاده شـده است. در دندان پزشکی با اسـتفاده از روش بیناب‌نمایی فروشکست القایی لیزری عناصر تشـکیل‌دهندهٔ دندان طبیعی و همچنین پروتز دندان مورد بررسـی قرار گرفتند[۹و۱۰] و همچنین شـادمان و همکاران روش LIBS را به‌منظور مقایسـهٔ عناصر موجود در ناخن افراد معتاد و سالم استفاده نمودند[۱۱]. براساس مطالعه‌ای که در سال ۲۰۰۸ توسط ملیچی و همکاران انجام شد، آن‌ها توانستند حضور گونه‌های اتمی و یونی سبک مانند کربن، هیدروژن، اکسـیژن، نیتروژن و تعدادی از عناصر فلزی مانند آهن، کلسیم، سدیم و پتاسیم در بیناب‌های گسیلی از پلاسمای القائیدهٔ لیزری سطح سرم خون را نشان دهند[۱۲].

در این پژوهش امکان تشـخیص فرد دیابتی و سـالم با آنالیز موی سـر این افراد با استفاده از روش بیناب‌نمایی فروشکست القایی لیزری بررسی می‌شـود. این امکان‌سـنجی بر داده‌های ثبت‌شـده از فرآیند بیناب‌نمایی فروشکسـت القایی لیزری با اسـتفاده از یکی از روش‌های تجزیه‌وتحلیل آمـاری چندمتغیـره به‌نام آنالیـز تفکیکی حداقل مربعـات جزئی[۲] انجام می‌شـود. روش PLS-DA یک روش طبقه‌بندی نظارت شـده[۳] اسـت. منظور از طبقه‌بندی مدلی اسـت که ابتـدا آن را با نمونه‌هایی که ماهیت آن‌ها مشخص است، آموزش داده و سپس با استفاده از مدل طراحی‌شده تشـخیص داده می‌شود که نمونهٔ ناشناس مو متعلق به یک فرد دیابتی و یا یک فرد سالم است.

## روش بررسی

### نمونه‌های مورد آنالیز

بـرای انجـام آزمایش ۵۰ نمونـه مو از افراد سـالم و ۵۰ نمونـه از افراد دیابتی که همگی مـرد بودند، جمع‌آوری گردید. نمونه موی افراد دیابتی از بیمـاران دیابتی مراجعه‌کننده به بیمارسـتان صدیقهٔ طاهره مخصوص بیماران دیابتی در اصفهان تهیه شد و نمونه موی افراد سالم نیز از بستگان درجه یک ایشان که به‌دلیل ارثی بودن بیماری دیابت آزمایش دیابت داده بودنـد و جواب آزمایش آن‌هـا منفی بود(مبتلا به دیابـت نبودند)، جمع آوری گردیـد. به‌منظور کاهـش اثرات محیطی در پاسـخ‌های آزمایش و برطرف کردن هرگونه آلودگی سـطحی، نمونه‌های مورد نظر با اسـتون و الکل شست‌وشـو و سپس در دمای اتاق خشک شدند. نمونه‌ها با استفاده از سیستم فشار هیدرولیکی به ۱۰۰ قرص هم‌شکل و هم‌اندازه با سطحی کامـلاً صـاف با قطر ۱۳ میلی‌متـر و ضخامت ۷ میلی‌متـر تبدیل گردید تا همهٔ نمونه‌ها در شـرایط کاملاً مشـابه آنالیز شـوند و تنها عامل تفاوت در بیناب ثبت‌شـده از نمونه‌های مختلف، تفاوت سـاختاری آن‌ها باشد و عواملـی مانند ناهمواری سـطح نمونه بر بیناب ثبت‌شـده اثر نگذارد، به منظور کاهش اثـرات محیطی و همچنین خطاهای اندازه‌گیری ناشـی‌از ناپایداری انرژی لیزری و ناهماهنگی‌های احتمالی در سطح اندازه‌گیری‌ها به تعداد ۵ بار برای هر نمونه تکرار و در مجموع ۵۰۰ بیناب ثبت شد و از میانگین داده‌ها برای تحلیل نتایج استفاده گردید. شکل۱ قرص‌های موی مورد استفاده را نشان می‌دهد.

### چیدمان آزمایش

برای آنالیز نمونه‌ها در این تحقیق از سامانهٔ LIBSCAN100 ساخت شرکت Applied Photonics استفاده شده است. این سامانه مجهز به لیزر Nd:YAG بـا انرژی خروجی متغیر تا ۱۰۰m، پهنای تپ ns ۲ ± 

۱. Laser-Induced Breakdown Spectroscopy(LIBS)

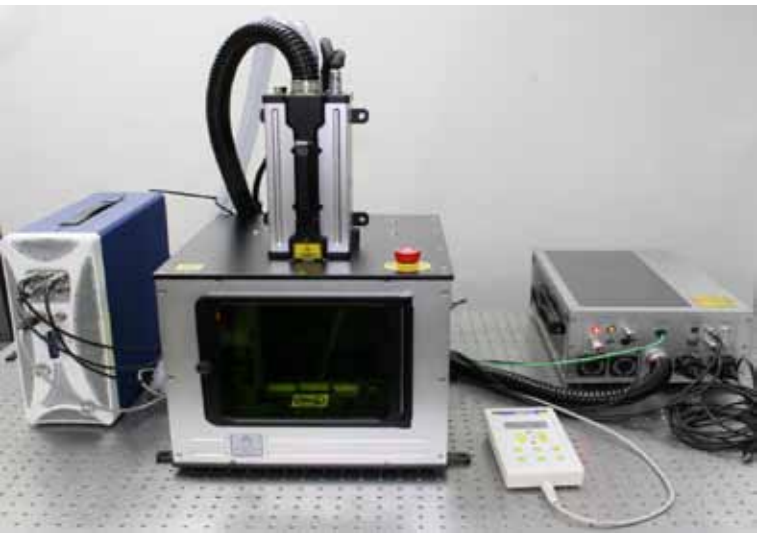
۲. Partial Least Square Discriminant Analysis (PLS-DA)

۳. Supervised

[ Downloaded from icml.ir on 2026-11-03 ]



شکل۱: نمایی از قرص‌های تهیه‌شده از نمونه‌های مو



شکل۲: سامانهٔ LIBSCAN۱۰۰

۷، فرکانس تکرار ۱ تا ۲۰HZ می‌باشد که بیناب پلاسمای تولیدی توسط آشکارساز مدل A-۱۳-۰۱-۲۰ شرکت Avantes ثبت می‌گردد. توانایی تفکیک‌پذیری دستگاه از ۰/۰۴ نانومتر تا ۰/۱۵ نانومتر در نواحی مختلف طول موجی متغیر است و قابلیت بیناب‌نگاری در ناحیهٔ طول موجی ۱۸۰ تا ۱۰۵۷ نانومتر را دارا می‌باشد. نمایی از سامانهٔ LIBS مورد استفاده در این پژوهش در شکل ۲ نشان داده شده است.

### روش آنالیز تفکیکی حداقل مربعات جزئی(PLS-DA)

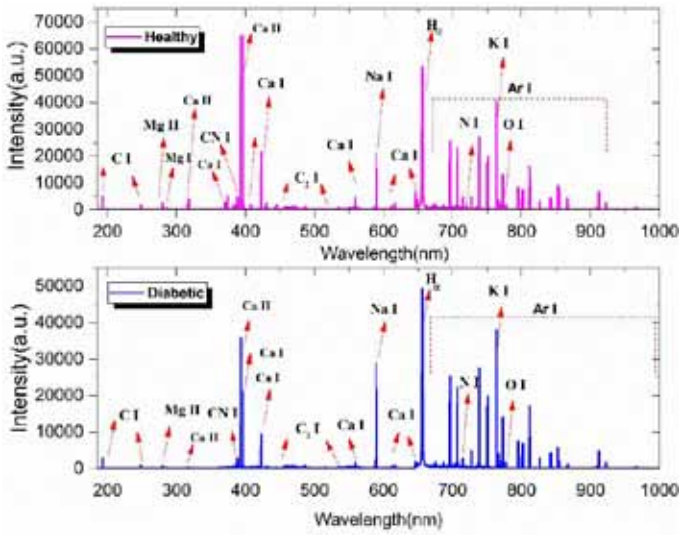
روش‌های طبقه‌بندی چندمتغیره ازجمله PLS-DA، تکنیک‌های کمومتریکسی[۴] هستند که هدف آن‌ها یافتن مدل‌های ریاضی است که قادر به تشخیص گروهی است که هریک از نمونه‌ها باتوجه به متغیرهای اندازه‌گیری‌شده (در این پژوهش شدت‌های گسیلی) باید در آن‌ها قرار گیرند. روش PLS-DA یک روش طبقه‌بندی[۵] خطی است که براساس رگرسیون کمترین مربعات جزئی بنا نهاده شده است، این روش به‌دنبال متغیرهای پنهانی[۶] است که بیشترین کوواریانس[۷] را با متغیرهایی دارند که عضویت نمونه‌ها در گروه‌های مختلف (افراد دیابتی یا سالم) را نشان می‌دهد، به زبان ساده روش PLS-DA به‌دنبال یافتن ترکیب خطی از متغیرهای اصلی (شدت‌های گسیلی) است که بهتر می‌توانند گروهی را که هریک از نمونه‌ها باید در آن قرار گیرند، پیش‌بینی کنند. در ضمن این مدل از این طریق می‌تواند به کاهش ابعاد داده‌ها و همچنین یافتن یک الگو در داده‌ها کمک کند[۱۳و۱۴].

۴. chemometric techniques
۵. linear classification method
۶. latent variables
۷. covariance

## یافته‌ها و بحث

بیناب LIBS موی فرد سالم و دیابتی در شکل ۳ مشاهده می‌شود. شکل ۴ بیناب‌های LIBS نمونه‌هایی از موهای مورد آنالیز را در بازهٔ طول‌موجی ۱۰۰۰-۱۹۰ نانومتر نشان می‌دهد با شناسایی خطوط اتمی، یونی و باندهای مولکولی که در جدول ۱ خلاصه شده است، مشخص شد که نسبت شدت بهتر از خودت شدت‌ها می‌توانند بین موی افراد سالم و دیابتی تمایز قائل شوند، پس ۱۷ نسبت شدت مرتبط با نمونه‌های مورد آنالیز به عنوان ورودی روش PLS-DA استفاده شد.

همان‌طورکه در شکل ۴ مشاهده می‌شود، شدت منیزیم و کلسیم در فرد




شکل۳: نمونه‌ای از بیناب نوعی موی شخص سالم و دیابتی به‌همراه شناسایی عناصر موجود در آن

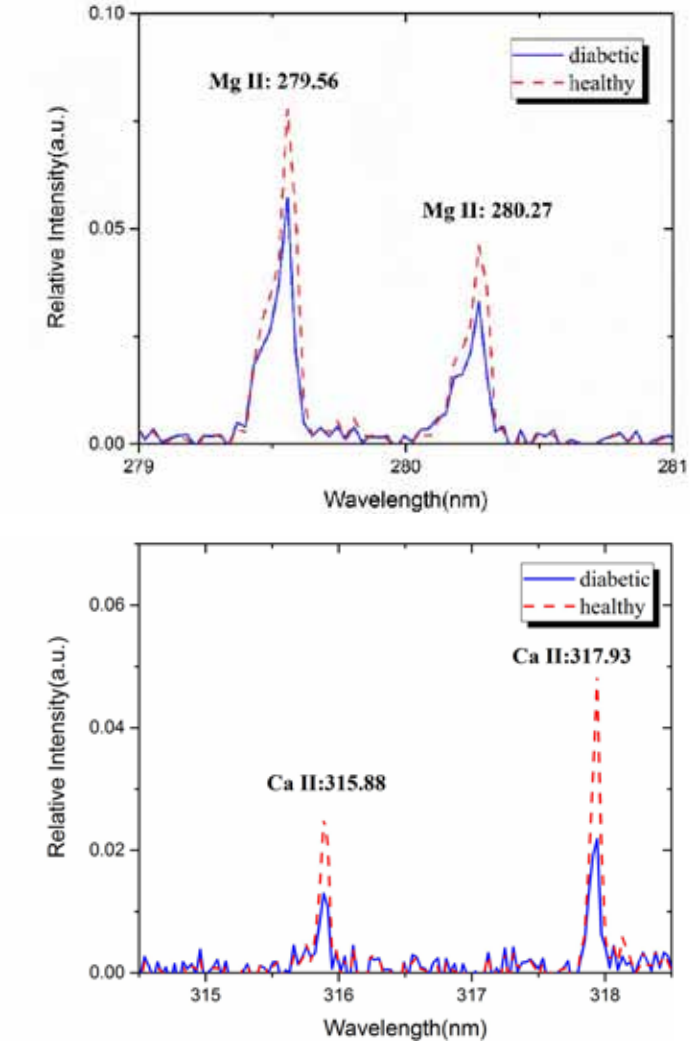
[ Downloaded from icml.ir on 2026-11-03 ]

دیابتی پایین‌تر از فرد سـالم است. علی‌رغم اینکه منیزیم در فعالیت‌های غدد آدرنال( فوق کلیوی) و ترشح هرمون‌های مولد انرژی نقش مهمی ایفا می‌کند، افراد مبتلا به دیابت دارای سـطح کمتری از این عنصر در خون می‌باشـند[۱۵] ازطرفی کمبود منیزیم باعث تغییر متابولیسم کلسیم می شـود. همچنین تغییرات مقدار کلسـیم به مقدار گلوگز موجود در خون وابسته است، به‌طوری‌که ارتباط مستقیمی بین غلظت یون یک‌بار یونیدهٔ کلسـیم و خطر ابتلا به انواع بیماری‌ها وجود دارد[۱و۱۶]. کمبود منیزیم باعث کاهش کاذب پتاسـیم و درنهایت سـبب افزایش نسـبت سدیم به پتاسیم خواهد شد و پیامد آن افزایش فشار خون و افزایش غلظت سدیم خون اسـت[۱۷]. نتایج به‌دست‌آمده از بیناب موی فرد دیابتی با نتایج به دست‌آمده از خون افراد دیابتی تطابق خوبی را نشان می‌دهد.

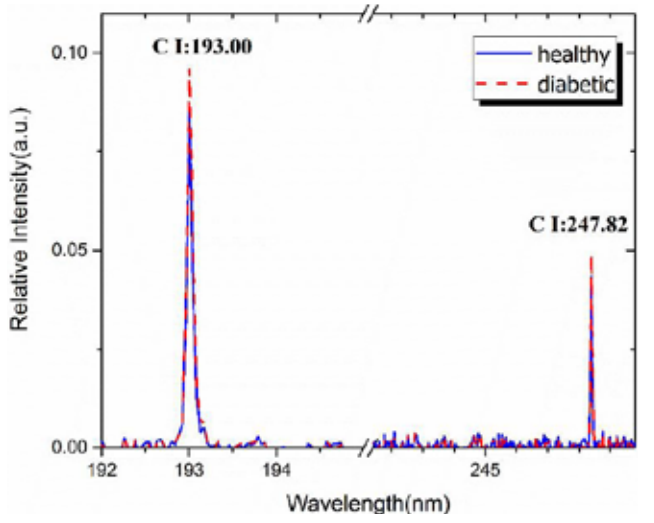
برهمکنش پالس لیزر با سطح موی قرص‌شده و تشکیل پلاسمای لیزری سـبب ایجاد گونه‌های کربن، هیدروژن و اکسـیژن می‌شـود که با توجه به بـالا بودن میزان گلوکـز (قند، $C_6H_{12}O_6$) در خون فـرد دیابتی به مـدت طولانـی، در موی فرد نیز بایسـتی مقادیر بالاتـری از این عناصر موجود باشـد، شـدت خطوط نشـری این گونه‌ها در نمونهٔ دیابتی دارای مقادیر بالاتری نسـبت‌به نمونهٔ فرد سالم می‌باشد که با نتایج به‌دست‌آمده از شـدت بیناب LIBS به‌دسـت‌آمده تطابق خوبی دارد. همان‌گونه‌که در شـکل ۵ نشـان داده‌شده‌است، شـدت کربن در فرد دیابتی بیشتر از فرد سالم می‌باشد.

لازم به ذکر اسـت که بیناب LIBS موی فرد سالم و فرد دیابتی که در گروه سـنی ۴۰-۳۰ و از گروه جنسی مرد بودند، در گاز آرگون ثبت شده است، زیرا باتوجه به وجود نیتروژن در هوا، وجود گاز آرگون باعث می‌شود که اثرات نیتروژن محیطی حذف و کربن موجود در ترکیب با حساسـیت بیشتری بررسی شود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که تأثیر گاز محیطی اعمال‌شده بر آن ناچیز است. از دلایل مهم استفاده از گاز آرگون این است که سبب بهبود فرآیند آشکارسازی قله‌های طیفی می‌شود، همچنین می‌توان بـه کاهش فرآیند بازترکیبی بین اتم‌های نمونه (C) و ذرات موجود در هوا (N)، افزایش طول عمر بقای پلاسـما و درنتیجه امکان جمع‌آوری تابش‌های گسیلی بیشتر نیز اشاره نمود. ضمن اینکه قلهٔ بینابی اتم کربن در طـول مـوج ۲۴۷/۸۳ و ۱۹۳/۰۹ نانومتر با حضـور گاز آرگون افزایش یافته‌اسـت. در شکل ۶ تفاوت در شدت عناصر موجود در نمونه‌های موی افراد سـالم و دیابتی نشـان داده‌شده‌اسـت، عناصر $O$و$C$، $H$، $N$ در بیناب افراد دیابتی نسبت‌به افراد سالم بیشتر و در بیناب LIBS فرد سالم عناصر $Ca$، $Fe$ و $Mg$در فرد سالم نسبت به فرد دیابتی بیشتر است.

در این پژوهش برای آمـوزش مدل برای تفکیک افراد دیابتی و ارزیابی آن برروی داده‌های آزمایش از نرم‌افزار MATLAB اسـتفاده شده است. برای ایجاد مدل PLS-DA، داده‌ها به دو دستهٔ آموزش و آزمون تقسیم بندی شدند. در این پژوهش از مجموع دادهٔ ثبت‌شده از نمونه‌های مختلف

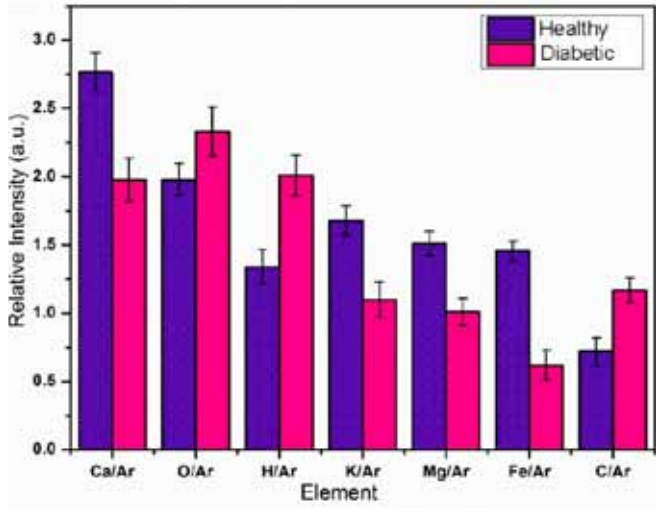



شـکل۴: مقایسـهٔ خطوط یونی کلسـیم و منیزیم بیناب LIBS نمونه‌های موی فرد سالم با فرد دیابتی




شکل۵: مقایسهٔ خطوط اتمی کربن بیناب LIBS نمونه‌های موی فرد سالم با فرد دیابتی

[ Downloaded from icml.ir on 2026-11-03 ]




**شکل۶: مقایسهٔ عناصر موجود در بیناب LIBS نمونه‌های موی فرد سالم با فرد دیابتی**

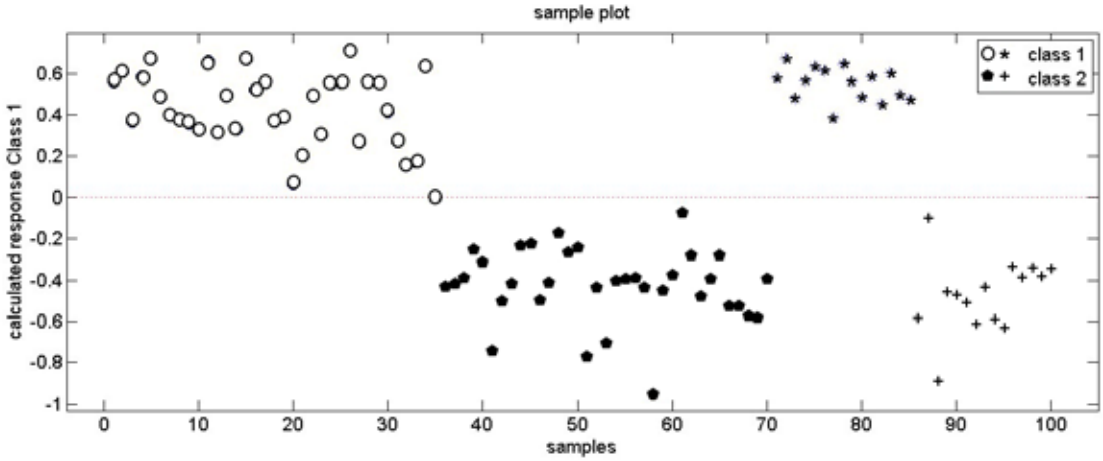
مـورد مطالعه ۷۰ درصد برای آمـوزش و ۳۰ درصد برای آزمودن کارآیی مدل، مورد استفاده قرار گرفتند. نمودار مربوط به تفکیک دو گروه دیابتی (کلاس۱) و سـالم (کلاس۲) در شکل نشان داده شده است. همچنین در این نمودار می‌توان تفکیک کامل و بدون هم‌پوشـانی بین گروه سـالم و دیابتی را مشاهده کرد.

شـکل۷ نمونه‌هایی را که برای آموزش مدل مورد استفاده قرار گرفتند، نشـان می‌دهد. نتایج مربوط به افراد سـالم با پنج‌ضلعی‌های سیاه رنگ و برای افراد دیابتی با دایره‌های سـفید مشـخص شده‌اند. همچنین علامت های "+" و "□" نمونه‌های ناشناسـی است که از مدل خواسته‌شده دیابتی یا سـالم بودن آن‌ها را مشخص کند. نتایج مربوط به آموزش[۸] و آزمایش[۹] مدل در جدول ۲ خلاصه شده است.

همان‌طورکه در جدول ۲ و شکل ۷ مشخص است از ۳۰ نمونهٔ ناشناس که از مدل خواسته‌شده دیابتی بودن یا سالم بودن آن‌ها را پیش‌بینی کند، هر ۳۰ نمونه به‌درستی پیش‌بینی شده‌اند و مدل طراحی‌شده با دقت ۱۰۰ درصد نمونه‌ها را به‌درستی تشخیص می‌دهد.

## نتیجه‌گیری

در این پژوهش روش بیناب‌نمایی فروشکست القایی لیزری و روش آنالیز تفکیکی حداقل مربعات جزئی به‌منظور تفکیک و شناسـایی فرد دیابتی و سـالم به‌وسیلهٔ آنالیز موی سـر این افراد مورد بررسی قرار گرفت. خطوط بینابـی متعلق به عناصـر Ca، Mg، C، Fe، K، Na، Sr، Ti، O، H و N در بیناب هر دو گروه مشـاهده شد. با مقایسهٔ طیف فرد سالم و دیابتی مشاهده شد که شدت خطوط Ca، Fe و Mg در نمونهٔ افراد سالم و خط اتمی C در نمونهٔ افراد دیابتی بیشـتر بودند و شـدت سایر خطوط بینابی تفاوت چشـمگیری نداشـت. روش بیناب‌نمایی فروشکست القایی لیزری در کنـار روش آنالیـز تفکیکی حداقل مربعات جزئـی به‌منظور تفکیک و شناسایی فرد دیابتی از غیردیابتی به‌وسیلهٔ آنالیز موی سر این افراد مورد بررسـی قرار گرفت. نتایج پژوهش نشان داد با استفاده از روش LIBS – PLS DA می‌تـوان این دو گروه را به‌خوبی از هم تفکیک کرد و درنتیجه روش مورد بررسـی در این پژوهش با ویژگی‌هایی همچون آنالیز سریع و قابلیت سـیار بودن می‌تواند به‌عنوان یـک روش جدید در کنار روش‌های مرسـوم موجود برای تشـخیص دیابت مورد استفاده قرار گیرد. همچنین استفاده از روش LIBS و آنالیز موی سر به‌جای آنالیز خون این امکان را در اختیار ما می‌گذارد که در هر سـاعتی از شبانه‌روز فرد دیابتی را از فرد سالم شناسـایی کنیم. در روش‌های مرسوم فعلی باتوجه به اینکه میزان قند خون در ساعات مختلف شبانه‌روز متغیر است، باید آزمایش تشخیص




**شکل۷: نمودار PLS-DA مربوط به تفکیک نمونه‌های مو مربوط به افراد سالم و دیابتی و پیشگویی نمونه‌های ناشناس**

۸. train
۹. test

[ Downloaded from icml.ir on 2026-11-03 ]

**جدول۱: طول‌موج‌های مورد استفاده برای آشکارسازی عناصر و باندهای مولکولی مختلف**

| عنصر(یا مولکول) مورد تحلیل | طول موج مورد استفاده برای آشکارسازی عنصر و مولکول مورد تحلیل (nm) |
|---|---|
| Ca II | ۳۱۵/۸۸; ۳۱۷/۹۳; ۳۹۳/۳۶; ۳۹۶/۸۴ |
| Ca I | ۴۲۲/۶۷; ۴۳۰/۲۵; ۴۴۲/۵۴; ۴۴۳/۴۹; ۴۴۵/۴۷; ۵۵۸/۸۷; ۶۱۰/۲۷; ۶۱۲/۲۲; ۶۱۶/۲۱; ۶۴۶/۲۵; ۶۴۹/۳۷ |
| Al I | ۳۹۴/۴۰; ۳۹۶/۱۵ |
| Mg II | ۲۷۹/۵۵; ۲۸۰/۲۷ |
| Mg I | ۲۸۵/۲۱ |
| Na I | ۵۸۸/۹۹; ۵۸۹/۵۹ |
| K I | ۷۶۶/۴۹; ۷۶۹/۸۹ |
| C I | ۱۹۳/۰۹; ۲۴۷/۸۵ |
| H | ۴۸۶/۱۵; ۶۵۶/۲۸ |
| Si I | ۲۸۸/۱۵ |
| Sr II | ۴۰۷/۷۷ |
| Sr I | ۴۶۰/۷۳ |
| N I | ۷۴۲/۳۶; ۷۴۴/۲۲; ۷۴۶/۸۳ |
| O I | ۷۷۷/۱۹ |
| $C_2$ | ۴۶۷-۴۷۴; ۵۱۶/۴۲; ۵۵۰-۵۶۴ |
| CN | ۳۸۵-۳۸۹ |

فرد دیابتی از فرد سـالم در ساعت مشخصی از روز و در شرایط جسمانی خاصی انجام شـود. نتایج به‌دسـت‌آمده برای گروه آزمایش مورد نظر می باشـد و بدیهی است که برای توسـعهٔ این روش جامعهٔ آماری بزرگ‌تری مورد آزمایش قرار گیرد.

**جدول۲: نتایج مربوط به طبقه‌بندی نمونه‌ها با استفاده از مدل PLS-DA**

Classification Results

| | | Group | Predicted Group Membership: Class 1 | Predicted Group Membership: Class 2 | Total |
|---|---|---|---|---|---|
| Train | Count | Class 1 | 35 | 0 | 35 |
| | | Class 2 | 0 | 35 | 35 |
| | % | Class 1 | 100.0 | .0 | 100.0 |
| | | Class 2 | .0 | 100.0 | 100.0 |
| Test | Count | Class 1 | 15 | 0 | 15 |
| | | Class 2 | 0 | 15 | 15 |
| | % | Class 1 | 100 | 0 | 100.0 |
| | | Class 2 | 0 | 100 | 100.0 |

[ Downloaded from icml.ir on 2026-11-03 ]

## References:

1. Nsonwu AC. Glycemic control and serum and urine levels of zinc and magnesium in diabetics in Calabar, Nigeria, Pakistan J Nutr 2006; 5(1): 75-8.

2. Barbagallo M. Effects of Aging on Serum Ionized and Cytosolic Free Calcium Relation to Hypertension and Diabetes, Hypertension 1999; 34(4): 902-6.

3. David M. Medical management of hyperglycemia in type 2 diabetes, Diabetes care 2009; 32(1): 193-203.

4. Guyton A, Hall J, Gay F. Medical Physiology, the second volume of insulin, glucagon and diabetes mellitus, publishing four, 10th revision.

5. Mehrabian S, Milani A. Nutrition, Required fuel tissues, Mir books, 2004.

6. Musazzi S, Perini U. Laser-induced breakdown spectroscopy, Springer Series in Optical Sciences, Volume 182. ISBN 978-3-642-45084-6. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2014.

7. Munson CA, Gottfried JL, McNesby KL, Miziolek AW. Laser-based detection methods for explosives, No. ARL-TR-4279, Army research lab Aberdeen proving ground md weapons and materials research directorate 2007.

8. Karachi M, Parvin P, Madani K, Shorshini Z. LIBS spectrometer use as a diagnostic rock textures,15th Conference of Optics and Photonics, 2003.

9. Ghasemi F, Shorshini P, Sjjad B. Determine the the elements natural teeth and dentures using Laser Induced Breakdown spectroscopy, 15th Conference of Optics and Photonics, 2003.

10. Mattley Y, Kearton B. Laser induced breakdown spectroscopy: sparking new applications, Nat. photonics, 2008; (2): 537-40.

11. Bahreini M, Tavassoli SH. Journal of Lasers in Medical Sciences 2012; 3: 127.

12. Gazmeh M. Applied optics 2015; 54: 123-31.

13. Melikechi N. Laser-induced breakdown spectroscopy of whole blood and liquid organic compounds, Biomedical Optics, International Society for Optics and Photonics, 2008.

14. Schröder S, Pavlov S, Rauschenbach I, Jessberger E, Hübers HW. Detection and identification of salts and frozen salt solutions combining laser-induced breakdown spectroscopy and multivariate analysis methods: A study for future martian exploration, Icarus 2013; 223: 61-73.

15. Rosipal R, Krämer N. Overview and recent advances in partial least squares, in Subspace, latent structure and feature selection, Springer, 2006: 34-51.

16. Barbagallo M. Effects of Aging on Serum Ionized and Cytosolic Free Calcium Relation to Hypertension and Diabetes, Hypertension 1999; 34(4): 902-6.

17. Omrani R, Savid G. Diabetes complications, Iranian journal of Diabetes and Metabolism, 2004: 34-127.

[ Downloaded from icml.ir on 2026-11-03 ]