

## شناسایی اثر تیمار پلازما بر قابلیت رنگ‌پذیری بافت نخل با نگرش کاربرد در صنعت مبلمان

### چکیده

در این تحقیق تأثیر تیمار پلاسمای سرد بر روی قابلیت پوشش دهی بافت نخل در جهت الگوی برش پوست به مرکز تنه گرده‌بینه مورد ارزیابی قرار گرفت. بدین منظور، تنه نخل خرما با میانگین قطر ۶۰ سانتی‌متر انتخاب گردید و از ارتفاع برابر سینه گرده‌بینه‌ها دیسک‌های با ضخامت ۵ سانتی‌متر تهیه گردید. سپس نمونه‌هایی سالم و بدون عیب به ابعاد ۱۰×۱۰ سانتی‌متر از سه نقطه دیسک: نزدیک پوست، میان‌پوست و مرکز تنه و نزدیک مرکز تنه تهیه گردید. پیش از انجام آزمون‌ها، سطح نمونه‌ها با سنباده پرداخت و سپس مشروط سازی انجام شد. پس از انجام تیمار پلاسمای سرد و سپس پوشش دهی بارنگ پایه آب آکرلیکی، آزمون زبری سطح، تر شوندگی و چسبندگی پوشش بر روی نمونه‌ها انجام شد. بر اساس نتایج، بیشترین مقدار دانسیته پایه و کمترین مقدار زبری سطح نزدیک مرکز تنه مشاهده گردید. همچنین نتایج نشان داد، تیمار پلازما سبب افزایش تر شوندگی سطح می‌شود. با توجه به رابطه‌ی معکوس بین زبری سطح و میزان چسبندگی، قبل و بعد از تیمار پلازما بیشترین و کمترین مقدار چسبندگی کشتی به ترتیب در نزدیک مرکز تنه و نزدیک پوست مشاهده شد. می‌توان نتیجه‌گیری نمود استفاده از تیمار پلازما باعث بهبود قابلیت چسبندگی در سطح بافت نخل می‌شود.

**واژگان کلیدی:** پلازما سرد، نخل، پوشش آکرلیک، چسبندگی.

هادی غلامیان<sup>۱\*</sup>

بهنام غلامپور<sup>۲</sup>

محمدهادی رضوانی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> استادیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

<sup>۲</sup> دانشجوی دکتری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

<sup>۳</sup> کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده مهندسی مواد و فناوری‌های نوین، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی

مسئول مکاتبات:

[Hadi\\_gholamiyan@ut.ac.ir](mailto:Hadi_gholamiyan@ut.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۷/۲۸

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۱/۰۱

### مقدمه

نخستین استفاده‌های صنعتی انسان از چوب در ساخت خانه، کشتی و سایر سازه‌ها و محصولات چوبی بوده است. استفاده بیش‌ازحد و قطع درختان و افزایش تقاضا برای این ماده اولیه ارزشمند منجر به کمبود چوب در بازار شده است. تلاش چندین ساله بشر برای دستیابی به روش‌ها و شیوه‌های گوناگون تولید محصول یا فرآورده چوبی است تا بتواند آن را جایگزین چوب نماید. در برخی سازه‌ها تلاش بر آن است که انواع تخته خرده چوب، تخته لایه، تخته فیبرها و غیره جایگزین چوب گردد [۱]. بافت تنه نخل خرما با ویژگی‌های منحصر به فرد خود یکی از

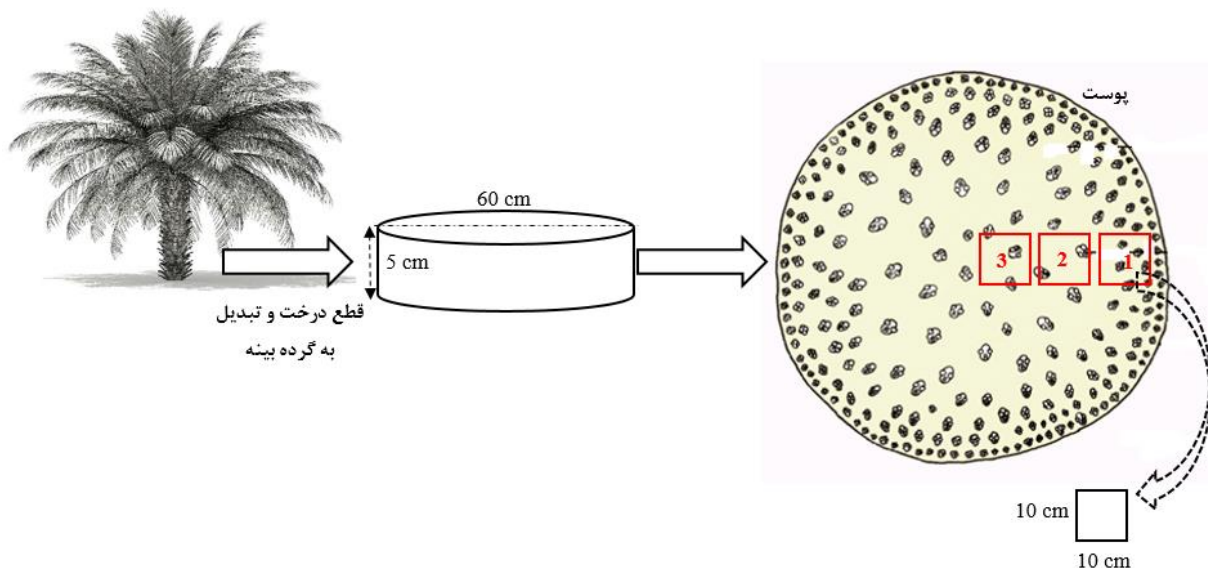
مواد اولیه با پتانسیل بالا برای جایگزینی چوب است [۲]. نخل خرما درختی بانام علمی *Phoenix Dactylifera* و از خانواده *Palmaceae* می‌باشد [۱]. بافت نخل به‌عنوان یک گیاه تک‌لپه‌ای دارای ساختار آناتومی منحصر به فرد و کاملاً متفاوتی بوده که علت آن را می‌توان به دسته‌های آوندی در یک بافت پاراننشیم نسبت داد [۲]. در کشور ایران امروزه استفاده صنعتی از تنه نخل انجام نشده و این در حالی است که سالانه تعداد زیادی از درختان نخل قطع می‌شود [۱]. تحقیقات زیادی در زمینه استفاده از نخل در صنعت صورت پذیرفته است: بر اساس مطالعات Fathi و همکاران (۲۰۱۷)، تغییرات دانسیته و ویژگی‌های مکانیکی

پرداخت سطح بر روی ویژگی‌های سطحی تعدادی از گونه‌های چوب نظیر افرا، کاج، نوئل و صنوبر انجام گرفت که نتایج نشان داد کیفیت و یکنواختی سطح پرداخت یکی از عامل مؤثر در خروج و حذف مواد استخراجی و نهایتاً افزایش نفوذ پوشش به سطح چوب می‌باشد [۱۳]. Avramidis و همکاران (۲۰۱۲) اثر پلاسما در محیط جو را بر روی سطح چوب کاج بررسی کرده و دریافته‌اند که تغییرات اندکی در انرژی سطح چوب اتفاق افتاده و مواد استخراجی در سطح آن اکسید می‌شود [۱۴]. همچنین، بر اساس نتایج مطالعات نشان داد در اثر تیمار پلاسمای سرد با افزایش ترکیبات قطبی و انرژی سطح گروهی از ترکیبات شیمیایی و اتصال‌های عرضی جدید [۱۵] در چوب به وجود می‌آید که این نشانه‌ها دلیلی بر تغییر ویژگی‌های سطحی چوب می‌باشد [۱۶]. نتایج نشان داد پس از تیمار پلاسما، پوشش‌ها به صورت یکنواخت‌تر روی سطح چوب قرار گرفته، پوشش آکرلیک (پایه آب) باثبات‌تر شده و مقاومت چسبندگی بهبود یافته است [۱۷]. طبق مطالعات انجام‌شده توسط محققین بسیاری نظیر، Danielson و Back (۲۰۰۲)، Lukowsky و Horn (۲۰۰۲)، عوامل زیادی (۱۹۸۷) و Sogutlu و همکاران (۲۰۱۶) پوشش‌ها به صورت یکنواخت‌تر روی چوب، گونه چوبی، زبری سطح و دانسیته بر ویژگی‌های تیمار پلاسما تأثیرگذار است و میزان چسبندگی را تحت تأثیر قرار می‌دهد [۱۸، ۱۹ و ۲۰]. بر اساس تحقیقات Gholamiyan (۲۰۲۰) در زمینه بررسی بهبود چسبندگی پوشش‌های رنگی به چوب با استفاده از تیمار سرد پلاسما، مشخص شد زاویه تماس قطره آب پس از تیمار پلاسما کاهش یافته و این تیمار سبب افزایش خاصیت ترشوندگی سطح چوب و افزایش مقاومت به چسبندگی پوشش سطحی به چوب ماسیو شده است [۲۱]. در کشورهای توسعه‌یافته، تحقیقات بر روی استفاده از مواد و کامپوزیت‌های فیبری در حال گسترش می‌باشد. با توجه به گرمسیری بودن کشور ایران و کشت نخل، اهمیت استفاده از این ماده اولیه ارزان و جلوگیری از هدر رفتن آن بسیار حائز اهمیت می‌باشد؛ بنابراین در این تحقیق در راستای مطالعات پیشین که نشان‌دهنده امکان استفاده از بافت نخل خرما در ساخت سازه‌های کوچک

را تحت تأثیر قرار داده، بنابراین بافت مرکز تنه که دارای دانسیته بیشتری در تنه نخل خرما می‌باشد از نظر کیفیت مطلوب‌تر است [۳]. نتایج مطالعه Frühwald و Fathi (۲۰۱۴) بر روی بافت درخت نارگیل نشان داد مقاومت‌های مکانیکی (فشاری و زبری) نزدیک به پوست افزایش می‌یابد. این امر به افزایش دسته‌های آوندی در ناحیه اطراف پوست مربوط می‌باشد [۴]. نتایج تحقیقات Tufashi (۲۰۱۳) و Fathi و همکاران (۲۰۱۴) بر روی نارگیل نشان داد دانسیته در جهت طولی و از پوست به سمت مرکز تنه تغییرات معنی‌دار داشته و برخی از ویژگی‌های مکانیکی نظیر زبری تغییر می‌یابد [۵، ۶]. تا امروز تحقیقاتی در خصوص تأثیر تغییرات عرضی دانسیته و زبری بر مقاومت به چسبندگی پوشش در مورد چوب ماسیو انجام‌شده است که می‌توان به مطالعات Chahal (۲۰۱۹) اشاره نمود که نتایج آن نشان داد افزایش استحکام چسبندگی پوشش در بخش نزدیک مرکز تنه، ارتباط نزدیکی با دانسیته بیشتر و میزان مواد استخراجی کمتر داشت. همچنین، نتایج تحقیق Chahal نشان داد با حرکت از سمت پوست به سمت مرکز تنه میزان اتصال بهتر پوشش به سطح بافت چوب و چسبندگی آن بهبود می‌یابد [۷]. همچنین، در سال‌های اخیر تغییر در ویژگی‌های سطحی فرآورده چوب و غیرچوبی دوستدار محیط‌زیست، توسط روش‌هایی نظیر، اصلاح سطحی با پلاسما و سپس پوشش کاری روی آن به‌منظور افزایش دوام و زیبایی محصول نهایی مورد بحث و بررسی محققان قرار گرفته است [۸، ۹]. تأثیر تیمار پلاسما اغلب با استفاده از آزمون‌های مختلفی نظیر، آنالیز زاویه تماس، آنالیز گروه‌های عاملی سطح، آزمون‌های چسبندگی و غیره مشخص می‌شود [۱۰، ۱۱]. همچنین، تیمار پلاسما روی سطوح خارجی اجسام مختلف و در دماهای مختلف صورت می‌پذیرد [۱۲]. پیش تیمار پلاسما برای بهبود چسبندگی و کارایی چسب‌ها و پوشش‌ها روی چوب و کامپوزیت‌های چوبی مورد آزمایش قرار گرفته است [۸]. در تعیین استحکام چسبندگی پوشش به سطح بافت، عوامل مختلفی نظیر گونه چوب، فاصله نمونه میانی و حرارت ناشی از تیمار با پلاسما تأثیرگذار است. از این رو در مطالعات گذشته، تأثیر تیمار پلاسما و آماده‌سازی یا

1 water-borne

استان یزد انتخاب و مطابق با الگوی نشان داده شده در شکل ۱ قطع شدند [۲۳]. لازم به ذکر است نمونه‌ها از دیسک‌هایی به ضخامت ۵ سانتی‌متر از ارتفاع برابر سینه درختان تهیه و مطابق شکل ۱ نمونه‌گیری از آن‌ها انجام شد. نمونه از سه موقعیت مختلف شامل نزدیک پوست ب- میان پوست و مرکز تنه ج- نزدیک مرکز تنه با ابعاد ۱۰×۱۰ سانتی‌متر تهیه شدند. سپس با توجه به بالا نبودن رطوبت نمونه‌ها، جهت رساندن رطوبت آنها به رطوبت تعادل به مدت ۲ هفته در رطوبت نسبی ۶۵ درصد و دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد (اتاق کلیما) نگهداری شدند. قبل از انجام آزمون‌ها، ابتدا سطح نمونه‌ها با سنباده درجه ۱۲۰ و سپس ۲۸۰ پرداخت گردید.



شکل ۱- نحوه نمونه‌برداری از گرده‌بینه؛ شماره ۱: نزدیک به پوست، شماره ۲: میانی، شماره ۳: نزدیک به مرکز تنه

### تیمار پلاسما

در این بررسی پس از استفاده از پلاسمای سرد گاز نیتروژن مدل RBC، ویژگی‌تر شونده‌گی و چسبندگی سطح بافت نخل خرما اندازه‌گیری شد. نحوه عملکرد این سیستم برای تیمار سطح نمونه‌های آزمونی در شکل ۲ نشان داده شده است [۲۴]. در مرحله اول پلاسما طی فرآیندی با ولتاژ بالا بین الکترود و اسپری نازل قرار می‌گیرد تا فشار موجود در دهانه نازل توسط جریان گاز

مانند مبلمان است [۲۲]. امکان بهبود مقاومت چسبندگی آن با استفاده از تیمار پلاسما سرد در جهت الگوی برش پوست به سمت مرکز تنه گرده‌بینه مورد ارزیابی قرار گرفت. در این بررسی محققان در تلاش برای انتخاب یک الگوی مناسب برش و تیمار بهینه، جهت نفوذ بهتر پوشش به بافت نخل و بهبود ویژگی‌های آن هستند تا محصولی بادوام و باکیفیت سطح بالا به صنعتگران مبلمان و فرآورده چندسازه معرفی نمایند.

### مواد و روش‌ها

برای تهیه نمونه‌های آزمایشگاهی، تعداد ۳ درخت نخل خرما (*Phoenix dactylifera*) با میانگین قطر میانگین ۶۰ سانتی‌متر از نخلستان‌های مناطق گرمسیری

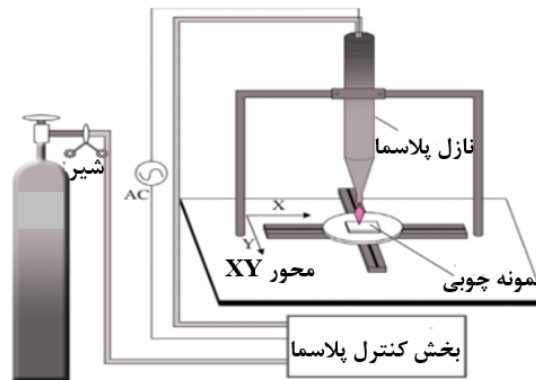
از پوشش پایه آب آکرلیک سفید تولید شرکت ریف جهت پوشش دهی استفاده گردید. این پوشش از جمله پوشش‌های بسیار پرکاربرد در زمینه‌ی چوب و فرآورده چندسازه برای استفاده در مبلمان‌های مسکونی می‌باشد. پوشش آکرلیک سفید با دانسیته ۱/۰۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب و مقدار ماده جامد ۳۷ درصد با حلال آب مورد استفاده قرار گرفت. این پوشش بر پایه پلیمر آکرلیک نامیزه<sup>۱</sup> با ویژگی پرکنندگی و سنباده‌خوری عالی می‌باشد که سطح چوب را صاف و صیقلی می‌نماید.

<sup>۲</sup> Reinhausen Plasma GmbH, Regensburg, Germany

<sup>۱</sup> Emulsion

نهایتاً حرارت دهی پلاسما در ولتاژ نزدیک به ۱۵ کیلوولت (ولتاژ مؤثر ۲-۳ کیلوولت) و در دمای حدود ۷۵ درجه سانتی‌گراد بافاصله ۲ سانتی‌متر انجام گرفت تا سطح نمونه‌ها در معرض تیمار پلاسما قرار گیرد [۲۵].

تخلیه گردد؛ بنابراین هوای فشرده به‌عنوان گازهای انتقال‌دهنده انرژی بود. در مرحله دوم فرکانس تکرار پالس ۵۰ کیلوهرتز و طول پالس ۱۰-۵ میکروثانیه و شدت جریان ۴۵-۶۰ (L/min) روی سیستم تنظیم شد و



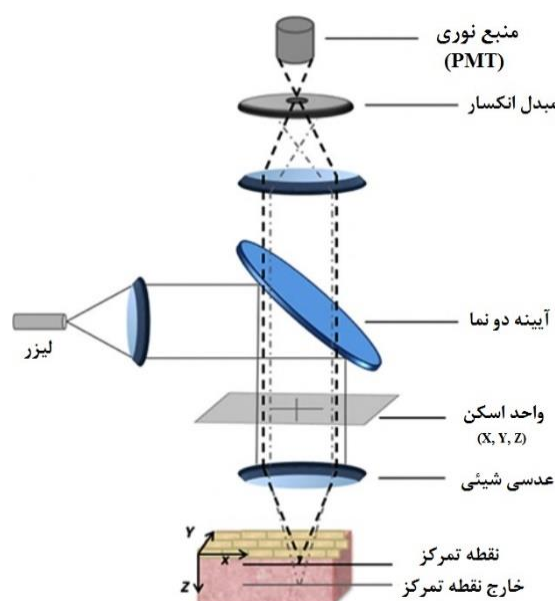
شکل ۲- طرح شماتیک سیستم اعمال پلاسما [۲۴].

برای اندازه‌گیری شدت زبری نمونه‌ها پس از برش دهی، پرداخت کاری و تیمار پلاسما، از دستگاه میکروسکوپ لیزری هم‌کانون (VK-9700) استفاده شد (شماتیک دستگاه - شکل ۳). زبری سطح نمونه‌ها به روش پروفیلومتری و اندازه‌گیری پارامتر زبری  $R_a$  (میانگین تمام بلندی‌های سطح) در خط سیر ۱۰ میلی‌متر اندازه‌گیری شد.

#### دانسیتته پایه

وزن نمونه‌ها با ترازوی دقیق آزمایشگاهی با دقت ۰/۰۱ گرم و ابعاد نمونه‌ها به‌وسیله کولیس دیجیتال با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر اندازه‌گیری گردید. دانسیته پایه نمونه‌ها برحسب گرم بر سانتی‌متر مکعب محاسبه گردید.

#### اندازه‌گیری زبری ( $R_a$ )



شکل ۳- میکروسکوپ لیزری هم‌کانون (VK-9700)

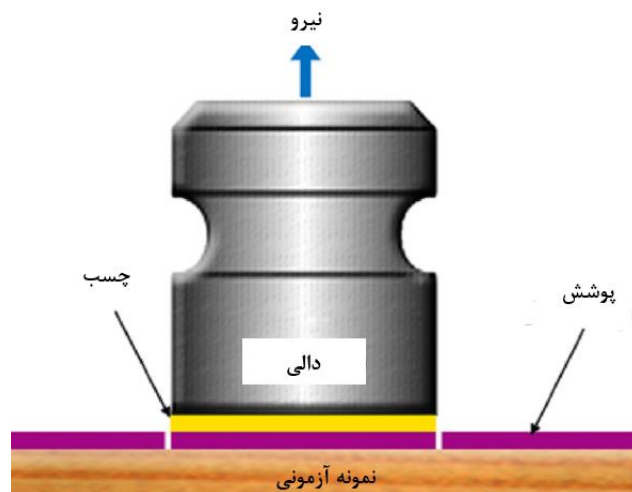
## اندازه‌گیری زاویه تماس

پارامتر ترشوندگی یا کشش سطحی مایع، توسط آزمون زاویه تماس قطره و به روش قطره گذاری با آب مقطر تعیین می‌گردد. به همین منظور ترشوندگی سطح نمونه‌های شاهد و تیمار شده با پلاسما طبق استاندارد ASTM D 5946 و به وسیله دستگاه دیتا فیزیک ساخت کشور آلمان صورت گرفت [۲۴]. میانگین ترشوندگی در ۵ ثانیه اول قرارگیری قطره آب با حجم ۳/۵ میلی‌لیتر روی سطح نمونه‌ها به دست آمد. تعداد تکرار در نظر گرفته شده برای هریک از آزمون‌های ذکر شده، ۱۰ مرتبه بود. مجموعاً ۳۰ نمونه مورد بررسی قرار گرفت.

## پوشش دهی و آزمون چسبندگی کششی

پس از سنباده‌زنی نمونه‌ها، پوشش دهی امولسیون آکرلیک با دستگاه فیلم کش چهار طرفه<sup>۱</sup> و با حداکثر

ضخامت تر ۲۰۰ میکرون بر روی تمام سطوح نمونه‌های آزمونی انجام شد. آزمون چسبندگی پوشش نمونه‌ها طبق استاندارد ASTM D 4541 به وسیله دستگاه آزمون چسبندگی کششی<sup>۲</sup> و با سرعت ۰/۳ مگاپاسکال بر ثانیه انجام گردید. در این روش ابتدا یک صفحه نازک فلزی به اسم دالی، به قطر ۲۰ میلی‌متر با چسب اپوکسی دوجزئی به سطح پوشش چسبیده شده و پس از ۲۴ ساعت مقاومت چسبندگی به روش پول‌آف اندازه‌گیری شد (شکل ۴). طی این عمل نیروی کششی وارد بر پوشش آن قدر اضافه می‌شود تا صفحه دالی به همراه پوشش زیرین آن از سطح پایه جدا شود. در این زمان حداکثر نیروی وارد بر صفحه در آخرین لحظه، معیار محاسبات قرار می‌گیرد. آزمون چسبندگی کششی پوشش روی سطح هر نمونه ۱۰ بار تکرار شد.



شکل ۴- شماتیک دستگاه آزمون چسبندگی کششی.

<sup>2</sup> pull-off

<sup>1</sup> Four-sided Applicator

## آنالیز داده‌ها

برای تعیین میانگین حداقل و حداکثر داده‌ها، تجزیه و تحلیل آماری صورت گرفت. آزمون نرمالیتیه برای درستی نتایج عوامل متغیر در نظر گرفته شد. مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن انجام گردید.

## نتایج و بحث

## دانسیتیه پایه

از آنجاکه تغییر در میزان دانسیتیه پایه، منشأ بسیاری از تفاوت‌ها در رفتار فیزیکی و مکانیکی مواد است، میزان حجم و وزن نمونه‌ها برای هر سطح برش محاسبه شد [۲۶]. جدول ۱ نتایج اندازه‌گیری مقادیر دانسیتیه پایه را نشان می‌دهد. بیشترین مقدار دانسیتیه پایه در نزدیک مرکز تنه و کمترین مقدار در نزدیک پوست مشاهده شد. مقدار دانسیتیه پایه در نزدیک مرکز تنه حدود ۱/۶ برابر آن

در نزدیک پوست بود. اختلاف معنی‌داری بین مقادیر دانسیتیه پایه نمونه‌ها در نزدیک به پوست، میانی و نزدیک به مرکز تنه مشاهده شد (جدول ۱). نتایج حاصل مطابق نتایج مطالعات طارمیان و همکاران (۲۰۱۳) می‌باشد. آن‌ها با مطالعه‌ی ساختار آناتومی دسته‌های آوندی در فاصله میانی نخل خرما می‌بم در استان کرمان به این نتیجه رسیدند که تعداد دسته‌های آوندی و میانگین تعداد حفرات آوندی در این دو ناحیه تفاوت ناچیزی داشته در حالی که میانگین مساحت حفرات آوندی به‌طور فاحشی در ناحیه‌ی مرکز تنه بیشتر از ناحیه‌ی پوست بود [۲۷]. همچنین، تغییر در میزان دانسیتیه با عواملی نظیر ضخامت دیواره سلولی، تعداد و پراکنش و قطر حفرات دسته‌های آوندی و همچنین ضخامت دیواره سلول‌های پاراننشیمی است [۲۸].

جدول ۱- میانگین، حداقل و حداکثر دانسیتیه پایه در نمونه‌های آزمونی

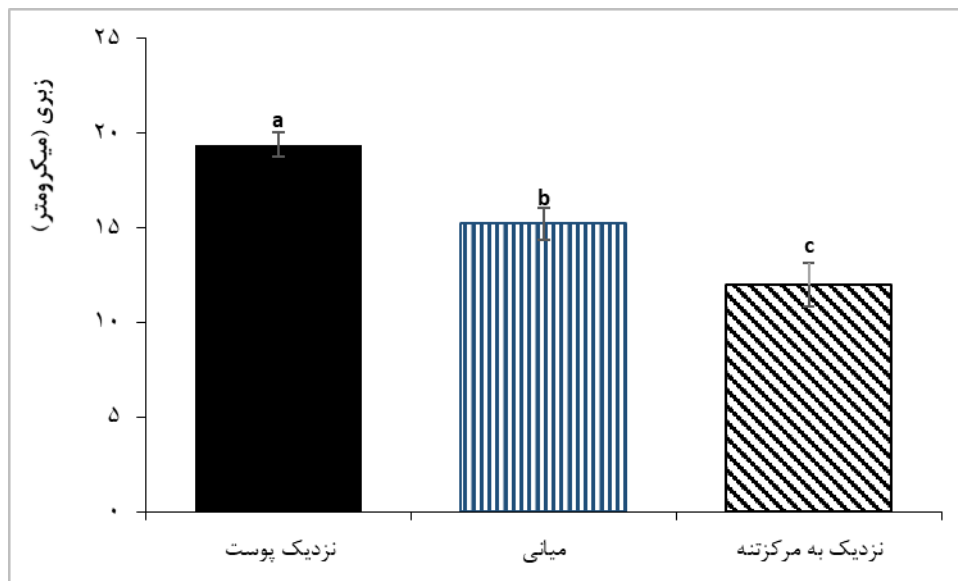
محل نمونه‌برداری	میانگین	حداقل	حداکثر
نزدیک به پوست	۰/۲۵۲ <sup>c</sup> (۰/۰۱)	۰/۲۴۵	۰/۲۵۸
میانی	۰/۳۲۳ <sup>b</sup> (۰/۰۱)	۰/۳۱۵	۰/۳۳۱
نزدیک مرکز تنه	۰/۴۰۱ <sup>a</sup> (۰/۱۳)	۰/۳۹۱	۰/۴۱۱

\* حروف روی اعداد گروه‌بندی دانکن را نشان می‌دهد.

## زبری سطح

شکل ۵ نتایج آزمون زبری سطح پس از تیمار پلاسما را نشان می‌دهد. بر اساس نتایج، بیشترین و کمترین مقدار زبری سطح به ترتیب در نزدیک پوست و نزدیک مرکز تنه به دست آمد. زبری سطح در نزدیک پوست ۱/۶۱ برابر بیشتر از میزان زبری در نزدیک مرکز تنه بود. اختلاف معنی‌داری بین مقادیر زبری سطح در نزدیک به پوست،

میانی و نزدیک به مرکز تنه مشاهده شد. زبری سطح چوب می‌تواند به دلیل تفاوت ساختارهای آناتومیکی در راستای طول و در جهت عمود بر الیاف تغییر کند [۲۹]. با توجه به نتایج می‌توان گفت با افزایش دانسیتیه از بخش نزدیک به پوست تا بخش نزدیک به مرکز تنه (از ۰/۲۵ تا ۰/۴ گرم بر سانتی‌متر مکعب)، به تدریج از میزان زبری سطح نمونه‌های آزمونی کاسته شده است.



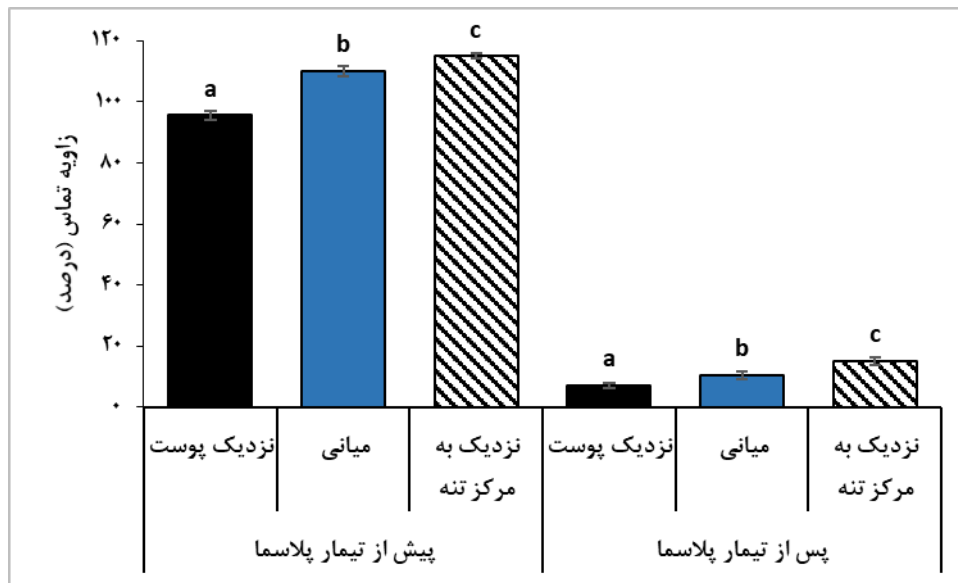
شکل ۵- اثر محل نمونه برداری بر زبری نمونه‌ها پس از اعمال تیمار پلاسما

نزدیک به مرکز تنه متفاوت است ولی به دلیل اختلاف زیاد در قبل و بعد از تیمار پلاسما نرم افزار فقط در ۲ گروه طبقه‌بندی نموده است. تحقیقاتی زیادی مشابه این تحقیق می‌باشد و نشان‌دهنده آن است که تیمار پلاسما توانسته است میزان زاویه تماس را کاهش دهد، مطالعات Haase و همکاران (۲۰۱۹) و همچنین Cademartori و همکاران (۲۰۱۶) در خصوص تیمار پلاسما بر سطح چوب‌های نوئل سیاه، Lapacho و Rode lucus نشان داد که استفاده از تیمار پلاسما در سطح چوب میزان زاویه تماس را کاهش می‌دهد [۸، ۳۰]. همچنین، نتایج حاصل مطابق تحقیقات Asandulesa و همکاران در زمینه تیمار پلاسمای هلیم نشان داد که در میزان زاویه تماس قطره آب پس از تیمار پلاسما در هر دو گونه بلوط و راش کاهش می‌یابد [۱۰].

#### زاویه تماس

شکل ۶ نتایج آزمون زاویه تماس را قبل و بعد از تیمار پلاسما را نشان می‌دهد. پیش از تیمار پلاسما بیشترین مقدار زاویه تماس در نزدیک مرکز تنه و کمترین مقدار نزدیک به پوست مشاهده شد. همچنین، پس از تیمار پلاسما بیشترین و کمترین مقدار زاویه تماس به ترتیب در نزدیک مرکز تنه و نزدیک به پوست مشاهده گردید. نسبت کاهش مقدار زاویه تماس قطره آب پس از تیمار پلاسما در مقایسه با مقدار آن پیش از تیمار پلاسما در نزدیک مرکز تنه، میانی و نزدیک به پوست به ترتیب ۷/۷، ۱۰/۵ و ۱۳/۵ برابر بود. بر اساس تجزیه و تحلیل آماری، اختلاف معنی‌داری بین مقادیر زاویه تماس قبل و بعد از تیمار پلاسما مشاهده می‌شود ولی درست است که مقدار عددی مقادیر زاویه تماس نزدیک به پوست، میانی و





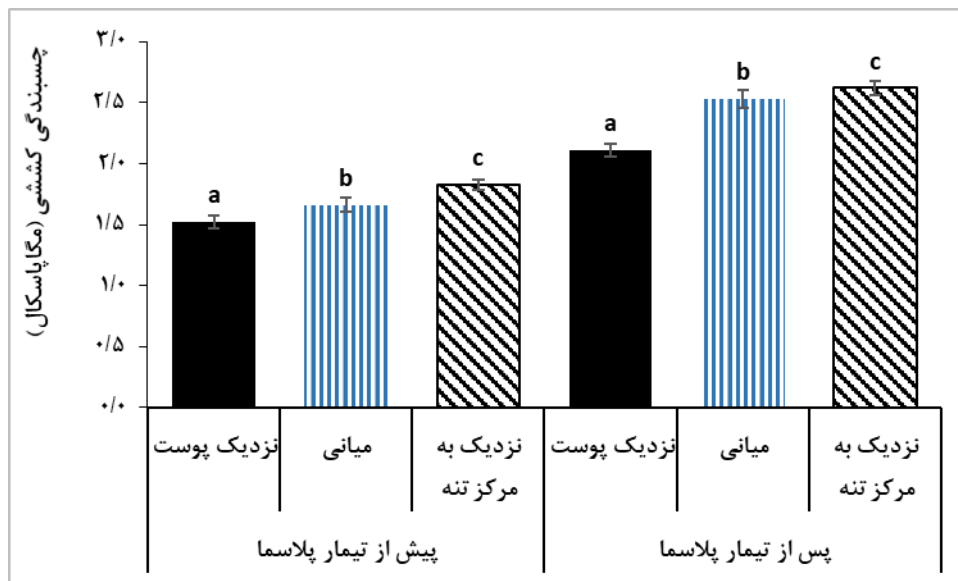
شکل ۶- زاویه تماس نمونه‌های آزمون‌های پیش و پس از تیمار پلاسما

افزایش یافت. به عبارت دیگر تیمار پلاسما توانسته است مقاومت به چسبندگی را بهبود بخشد و این بهبود مقاومت در نزدیک مرکز تنه نسبت به نزدیک پوستو به میزان ۳۰ درصد بیشتر بوده است که می‌توان یکی از دلایل اصلی آن را بیشتر بودن دانسیته در ناحیه نزدیک مرکز تنه دانست. بر اساس تجزیه و تحلیل آماری، اختلاف معنی‌داری بین مقادیر چسبندگی کششی در نزدیک به پوست و مرکز تنه مشاهده می‌شود. همچنین می‌توان گفت، تیمار پلاسما باعث معنی‌دار شدن این اختلاف‌ها گردیده است. مطالعات Danielson و Back و همچنین Horn و Lukowsky به نتایج مشابهی دست یافتند، آن‌ها افزایش مقاومت به چسبندگی پوشش به سطح چوب را پس از تیمار پلاسما مشاهده نمودند [۱۸، ۱۹].

#### چسبندگی کششی

شکل ۷ نتایج آزمون چسبندگی کششی را قبل و بعد از تیمار پلاسما را نشان می‌دهد. بر اساس مقادیر میانگین، پیش از تیمار پلاسما بیشترین مقدار چسبندگی کششی در نزدیک مرکز تنه و کمترین مقدار نزدیک به پوست مشاهده شد. همچنین، پس از تیمار پلاسما بیشترین و کمترین مقدار چسبندگی کششی به ترتیب در نزدیک مرکز تنه و نزدیک به پوست مشاهده شد. میزان چسبندگی کششی نمونه‌ها در نزدیک به مرکز تنه ۱/۲۱ برابر بیشتر از نزدیک به پوست بود. این نسبت پس از تیمار پلاسما به ۱/۲۴ برابر افزایش یافت. در اثر تیمار پلاسما میزان مقاومت به چسبندگی برای نمونه‌های نزدیک مرکز تنه، میانی و نزدیک پوست به ترتیب نسبت به قبل از تیمار پلاسما به میزان ۴۰، ۶۵ و ۷۰ درصد





شکل ۷- چسبندگی کششی نمونه‌های آزمون‌ی پیش و پس از تیمار پلاسما

تماس تغییر زیادی داشته است و جذب رطوبت افزایش داشته است و به عبارت دیگر میزان تغییرات در جذب رطوبت نزدیک ۸ برابر بهبود یافته است. از نتایج آزمون چسبندگی بافت نخل می‌توان نتیجه‌گیری نمود عوامل متغیر بسیاری بر مقاومت به چسبندگی پوشش در سطح بافت نخل تأثیرگذار می‌باشد که می‌توان به ترتیب شامل، الف- محل نمونه‌برداری: بافت نزدیک به مرکز تنه مقاومت بهتری را نشان می‌دهد. ب- تأثیر دانسیته و زبری: در نزدیکی بافت مرکز تنه به دلیل دانسیته بیشتر باعث استحکام بافت مورد نظر شده و توانسته است پوشش با بافت نخل واکنش‌پذیری مناسبی داشته باشد و این تراکم بیشتر باعث تقویت مقاومت به چسبندگی شده است. همچنین لازم به ذکر است افزایش زیاد دانسیته در خیلی از مواقع از مقاومت به چسبندگی در پوشش‌های چوبی می‌کاهد ولی چون این افزایش دانسیته در حد ۰/۴ گرم در سانتی‌متر مکعب می‌باشد بنابراین نمی‌توان با دانسیته‌های خیلی بالای چوب مقایسه نمود. ج- زاویه تماس: افزایش زاویه تماس و جذب بیشتر رطوبت در اثر تیمار پلاسما باعث افزایش مقاومت به چسبندگی هم گردیده است که رابطه آن‌ها را می‌توان به علت نفوذ بیشتر پوشش به بافت چوب در اثر کشش‌پذیری بیشتر عنوان نمود. به عبارت دیگر، تشکیل فیلم رنگی بهتر در بافت چوبی که دانسیته بالاتر و نفوذپذیری بیشتری دارد را می‌توان از

### نتیجه‌گیری

استفاده از تیمار پلاسما یکی از روش‌های نوین در جهت بهبود خواص سطحی در صنعت چوب و میلمان می‌باشد. از نتایج این مطالعه می‌توان نتیجه‌گیری نمود که می‌توان از پلاسما در بهبود فرآورده‌های غیرچوبی که می‌تواند جایگزینی برای چوب باشد نظیر بافت نخل استفاده نمود. نتایج محاسبه دانسیته نشان داد میزان دانسیته از سمت پوست به سمت مرکز تنه افزایش می‌یابد که نشان‌دهنده بافت متغیر در مقطع عرضی تنه نخل می‌باشد. بیشترین و بهترین دانسیته جهت ساخت سازه‌های چوبی در قسمت میانی و نزدیک به مرکز تنه مشاهده می‌شود و بنابراین استفاده از این قسمت مناسب‌تر در صنعت می‌باشد. همچنین از نتایج آزمون زبری می‌توان گفت کاهش میزان زبری در نزدیکی مرکز تنه ممکن است ارتباط نزدیکی با دانسیته داشته باشد زیرا طبق مطالعات محققین بسیاری با افزایش دانسیته میزان زبری کاهش می‌یابد. طبق نتایج به دست آمده می‌توان گفت ارتباط نزدیکی در کاهش زبری و افزایش دانسیته مشاهده می‌شود. از نتایج از زاویه تماس می‌توان نتیجه‌گیری نمود که میزان زاویه تماس در نزدیکی مرکز تنه بیشتر از پوست می‌باشد که با توجه به گروه‌بندی آماری اختلاف معناداری میان بافت نزدیک مرکز تنه و پوست چوب مشاهده نمی‌شود. بعلاوه می‌توان گفت، در اثر تیمار پلاسما میزان زاویه

دلائل اصلی مقاومت به چسبندگی پوشش عنوان نمود. تیمارهای ترکیبی گرمایی و پلاسما در افزایش به مقاومت پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آینده به تأثیر استفاده از پوشش‌های خودترمیم شونده و هوشمند پرداخته شود.

## منابع

- [1] Gholamiyan, H., 2019. The effect of alkyd coatings on the color changes and adhesion strength in parallel and perpendicular to fibers of date palm trees. *Journal of Forest and Wood Products*, 72: 67-76. (In Persian)
- [2] Ramle, S.F.M., Sulaiman, O., Hashim, R., Arai, T. and Kosugi, A., 2015. Characterization of parenchyma and vascular bundle of oil palm trunk as function of storage time. *Lignocellulose*. ۱: ۳۳-۴۴.
- [3] Fathi, L., Bahmani, M., Saadatnia, M.A. and Poursartip, L., 2017. An investigation on anatomical and mechanical properties of vascular bundles in Date palm (Case Study: Ahvaz countryside). *Iranian Journal of wood and paper industries*, 8:109-118.
- [4] Fathi, L. and Frühwald, A., 2014. The role of vascular bundles on the mechanical properties of coconut palm wood. *Wood Material Science & Engineering*, 9:214-223.
- [5] Tufashi, T., 2013. Physical-mechanical and chemical properties of the wood of oil palm and date palm trees. Bachelor Thesis, Hamburg University, Department of Wood Science and Technology.
- [6] Fathi, L., Frühwald, A. and Koch, G., 2014. Distribution of lignin in vascular bundles of coconut wood (*Cocos nucifera*) by cellular UV-spectroscopy and relationship between lignification and tensile strength in single vascular bundles. *Holzforchung*, 68: 915-925.
- [7] Chahal, A. and Ciolkosz, D., 2019. A Review of Wood-Bark Adhesion: Methods and Mechanics of Debarking for Woody Biomass. *Wood and Fiber Science*, 51:288-299.
- [8] Haase, J.G., Leung, L.H. and Evans, P.D., 2019. Plasma pre-treatments to improve the weather resistance of polyurethane coatings on black spruce wood. *Coatings*, 9: 14 pages.
- [9] Blanchard, V. and Stirling, R., 2013. Plasma Pretreatment Enhances Field Performance of Exterior Wood Coatings. *Wood and Fiber Science*, 45:228-231.
- [11] Blanchard, V., Blanchet, P. and Riedl, B., 2009. Surface energy modification by radiofrequency inductive and capacitive plasmas at low pressures on sugar maple: an exploratory study. *Wood and Fiber Science*, 41:245-254.
- [12] Moghaddam, M.S., Heydari, G., Tuominen, M., Fielden, M., Haapanen, J., Mäkelä, J.M., Wälinder, M.E., Claesson, P.M. and Swerin, A., 2016. Hydrophobisation of wood surfaces by combining liquid flame spray (LFS) and plasma treatment: dynamic wetting properties. *Holzforchung*, 70: 527-537.
- [13] Vitosytė, J., UKVALBERGIENĖ, K. and Keturakis, G., 2015. Wood surface roughness: an impact of wood species, grain direction and grit size. *Materials Science*, 21: 255-259.
- [14] Avramidis, G., Klarhöfer, L., Maus-Friedrichs, W., Militz, H. and Viöl, W., 2012. Influence of air plasma treatment at atmospheric pressure on wood extractives. *Polymer Degradation and Stability*, 97: 469-471.
- [15] JABLONSKÝ, M., ŠMATKO, L., Botkova, M., TIŇO, R. and ŠIMA, J., 2016. Modification of wood wettability (European beech) by diffuse coplanar surface barrier discharge plasma. *surfaces*, 28: 30 pages.
- [16] Busnel, F., Blanchard, V., Prégent, J., Stafford, L., Riedl, B., Blanchet, P. and Sarkissian, A., 2010. Modification of sugar maple (*Acer saccharum*) and black spruce (*Picea mariana*) wood surfaces in a dielectric barrier discharge (DBD) at atmospheric pressure. *Journal of Adhesion Science and Technology*, 24:1401-1413.

- [17] Acda, M.N., Devera, E.E., Cabangon, R.J. and Ramos, H.J., 2012. Effects of plasma modification on adhesion properties of wood. *International journal of adhesion and adhesives*, 32: 70-75.
- [18] Back, E.L. and Danielsson, S., 1987. Oxidative activation of wood and paper surfaces for bonding and for paint adhesion. *Nordic Pulp and Paper Research Journal*, 2: 53-62.
- [19] Lukowsky, D. and Horn, G., 2002, September. Pretreatments of wood to enhance the performance of outdoor coatings. In *Macromolecular symposia*. Wiley-Vch Verlag. 187: 77-86.
- [20] Söğütü, C., Nzokou, P., Koc, I., Tutgun, R. and Döngel, N., 2016. The effects of surface roughness on varnish adhesion strength of wood materials. *Journal of Coatings Technology and Research*, 13: 863-870.
- [21] Gholamiyan, H., 2020. Plasma Modification to Improve the Adhesion Resistance of the Wood Coating. *Journal of Color Science and Technology*, 14: 41-47 (In Persian).
- [22] Gholamiyan, H., 2020. The possibility of designing and constructing standard tables and chairs with palm trunk. 4: 575-587. (In Persian)
- [23] Asandulesa, M., Topala, I. and Dumitrascu, N., 2010. Effect of helium DBD plasma treatment on the surface of wood samples. *Holzforschung*, 64: 223-227.
- [24] Nguyen, T.T., Ji, X., Van Nguyen, T.H. and Guo, M., 2017. Wettability modification of heat-treated wood (HTW) via cold atmospheric-pressure nitrogen plasma jet (APPJ). *Holzforschung*, 72: 37-43.
- [25] Köhler, R., Sauerbier, P., Militz, H. and Viöl, W., 2017. Atmospheric pressure plasma coating of wood and MDF with polyester powder. *Coatings*, 7:171 pages.
- [26]. Vidaurre, G.B., Vital, B.R., Oliveira, A.D.C., Oliveira, J.T.D.S., Moulin, J.C., Silva, J.G.M.D. and Soranso, D.R., 2018. Physical and mechanical properties of juvenile *Schizolobium amazonicum* wood. *Revista Árvore*, 42(1). 9 pages.
- [27] Tarmian, A., Foroozan, Z., Sepehr, A., Gholamiyan, H. and Oladi, R., 2013. Physical and anatomical features and drying behavior of the boards produced from old date palm trees (*Phoenix dactylifera* L.) in Bam city. *Iranian Journal of Wood and Paper Science Research*, 28: 498-508.
- [28] Darwis, A., Nurrochmat, D.R., Massijaya, M.Y., Nugroho, N., Alamsyah, E.M., Bahtiar, E.T. and Safe'i, R., 2013. Vascular bundle distribution effect on density and mechanical properties of oil palm trunk. *Asian Journal of Plant Sciences*, 12: 208-213.
- [29] Cáceres, C.B., Hernández, R.E., Kuljich, S. and Koubaa, A., 2018. Effects of commercial thinning, log position in the stem, and cutting width on the surface quality of cants produced by a chipper-canter. *Wood Material Science & Engineering*, 13:28-35.
- [30] de Cademartori, P.H.G., Nisgoski, S., Magalhães, W.L. and de Muniz, G.I.B., 2016. Surface wettability of Brazilian tropical wood flooring treated with He plasma. *Maderas. Ciencia y tecnología*, 18: 715-722.

## Identifying the effect of plasma treatment on the palm texture with application attitude in the furniture industry

### Abstract

In this research, the effect of cold plasma treatment on coating ability of palm trees for bark cutting pattern was evaluated. For this purpose, the date palm trunk with an average diameter of 60 cm was selected and discs with a thickness of 5 cm were prepared from the height equal to the pollen chest. Then, healthy and flawless samples with dimensions of  $10 \times 10$  cm were prepared from three points: close to the bark, between bark and center of the trunk and near the center of the trunk. Before the tests, the surface of the samples was sanded and then conditioned. After cold plasma treatment and then coating with acrylic water-based paint, surface roughness, wettability and adhesion of coating were done on samples. Based on the results, the highest base density and the lowest surface roughness were observed near the center of the trunk. The results also showed that plasma treatment increases the surface wettability. According to the inverse relationship between surface roughness and adhesion, before and after plasma treatment, the highest and lowest tensile adhesions were observed near the center of the trunk and near the skin, respectively. It can be concluded that the use of plasma treatment improves the adhesion of the palm tissue.

**Keywords:** cold plasma, palm, acrylic coating, adhesion.

**H. Gholamiyan<sup>1\*</sup>**  
**B. Gholampoor<sup>2</sup>**  
**M. H. Rezvani<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Assistant Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, I.R. Iran

<sup>2</sup> PHD Student, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, I.R. Iran

<sup>3</sup> M.Sc., Wood Science and Technology Department, Faculty of Materials Engineering and New Technologies, Shahid Rajaei Teacher Training University, Tehran, Iran

Corresponding author:  
[Hadi\\_gholamiyan@ut.ac.ir](mailto:Hadi_gholamiyan@ut.ac.ir)

Received: 2020/10/19  
Accepted: 2021/01/20