■ مقاله

انقلاب صنعتی چهارم و صنعت نساجی

گردآوری و تالیف: مهندس غلامرضا سلامتی
مدیرعامل شرکت بوریا و عضو هیئت مدیره جامعه متخصصین نساجی ایران

امروزه واژه انقلاب صنعتی چهارم یا Industry 4 در بیشتر صنایع به گوش می‌رسد. در صنعت نساجی نیز این واژه اکنون به صورت گسترده میان تولیدکنندگان ماشین‌آلات به چشم می‌خورد. کافی است در نمایشگاه‌های بین‌المللی ماشین‌آلات صنعت نساجی کمی با دقت‌تر نگاه کنید و این عبارت را جستجو کنید تا به محصولات مرتبط با آن روبرو گردید.

اما انقلاب صنعتی چهارم چیست و چگونه بر صنعت تولید به ویژه صنعت نساجی و پوشاک تاثیر می‌گذارد:

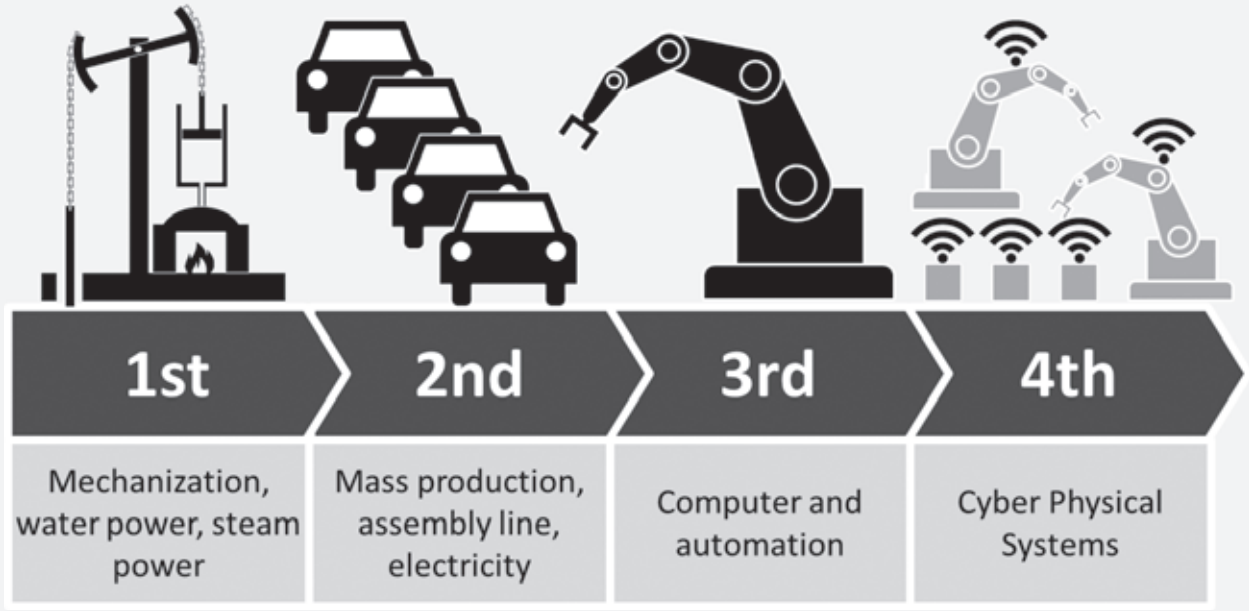
Industry 4 یا همان چهارمین انقلاب صنعتی در سال ۲۰۱۱ در نمایشگاه صنعتی هانور در آلمان معرفی شد. این مفهوم همانطور که ارتباطات و بازار مصرف را تحت تاثیر قرار داد، تولید را نیز دگرگون خواهد کرد. ایده اصلی Industry 4.0 این است که تولید صنعتی باید همگام با فناوری اطلاعات و ارتباطات پیشرفته رشد کند. بنابراین، هسته اجرای ۴,۰ در عرصه تولید، پیوند دنیای فیزیکی در سطح کارگاه‌های تولیدی به اینترنت و دنیای سایبری است. در نتیجه اجزای اصلی پیاده‌سازی Industry 4.0، سیستم‌های سایبری–فیزیکی (Cyber-Physical Systems) –سیستم‌های جاسازی شده با قابلیت اتصال به اینترنت– هستند. سیستم‌های سایبری– فیزیکی بخشی از ماشین‌آلات، سیستم‌های حمل و نقل، تجهیزات تولید، تدارکات، هماهنگی و مدیریت فرآیندها در کارخانه‌ها هستند. در نتیجه، آینده تولید به این سمت خواهد رفت که نیروی انسانی، ماشین‌آلات، واحدهای تولیدی، تدارکات و محصولات به‌طور مستقیم با همدیگر ارتباط برقرار می‌کنند و همکاری می‌کنند. از طریق شبکه‌سازی و هوش مصنوعی Industry 4.0 مزایای بیشتری نیز به دست خواهد آورد. پیاده‌سازی و اجرای Industry 4.0، نه تنها جریان تولید در سطح کارگاه تولیدی، بلکه کل زنجیره ارزش را بهینه خواهد کرد.

انقلاب صنعتی اول از آب و انرژی بخار به منظور مکانیزه کردن تولیدات استفاده نمود. انقلاب صنعتی دوم از قدرت الکتریسیته به منظور تولید انبوه بهره برد. سومین انقلاب صنعتی از علم الکترونیک و فن‌آوری اطلاعات به منظور تولید خودکار استفاده نمود. انقلاب چهارم صنعتی بر پایه های انقلاب سوم بنا نهاده شده است و شامل همجوشی فن‌آوری‌های مختلف است که مرزهای زیستی، دیجیتال و فیزیکی را درمی‌نوردد.

دلایلی وجود دارد که نشان می‌دهد تحولات امروزی دیگر همان انقلاب صنعتی سوم نیستند، بلکه نوید ظهور چهارمین انقلاب صنعتی را می‌دهد. سرعت تحولات جدید هیچ‌گونه سابقه تاریخی ندارد. در مقایسه با انقلاب صنعتی سوم که پیشرفتی خطی داشت، انقلاب صنعتی چهارم سرعت نمایی دارد. در ضمن این تحول تقریباً همه صنایع را دربرمی‌گیرد. وسعت و عمق این تغییرات، نویدبخش تحول در کل نظام‌های تولید، مدیریت و کنترل می‌باشد.

امکان اتصال میلیون‌ها انسان به دستگاه‌های موبایل با قدرت و حافظه بالا و همچنین دسترسی آنها به دانش نامحدود است و این امکانات با پیشرفت‌های عملی در حوزه‌های هوش مصنوعی، ربات، اینترنت اشیاء، وسایل نقلیه خودکار، پرینترهای سه‌بعدی، نانوتکنولوژی، بیوتکنولوژی، علم مواد، ذخیره انرژی و محاسبات کوانتومی دوچندان خواهد شد.

در حال حاضر نیز ما در دنیای هوش مصنوعی زندگی می‌کنیم: از خودروهای بدون راننده تا پهپادها، دستیارهای مجازی و نرم‌افزارهای ترجمه. طی سال‌های اخیر، پیشرفت‌های چشم‌گیری در حوزه هوش مصنوعی انجام گرفته است. این تحولات به علت افزایش قدرت پردازنده‌ها و



دسترس بودن حجم گسترده‌ای از اطلاعات است. فن‌آوری ساخت دیجیتال دائماً با دنیای بیولوژیکی در حال تعامل است. مهندسین، طراحان و معماران از طراحی محاسباتی، مهندسی مواد و زیست‌شناسی مصنوعی استفاده می‌کنند تا بتوانند همزیستی بین میکرواورگانیسم‌ها، بدنمان، موادی که مصرف می‌نماییم و حتی ساختمان‌هایی که در آن زندگی می‌کنیم ایجاد نمایند.

ویژگی‌های انقلاب صنعتی چهارم

انقلاب صنعتی چهارم دو ویژگی اصلی دارد که این انقلاب را از دیگر انقلاب‌های صنعتی متمایز می‌کند:

– تغییرات عمیق و نظام‌مند: اگر شهر دیترویت آمریکا را نماد انقلاب صنعتی سوم در نظر بگیریم، مشاهده می‌کنیم که سه شرکت بزرگ خودروسازی این شهر با ۱,۲ میلیون کارمند، فروشی معادل ۲۵۰ میلیارد دلار داشتند، اما اگر سیلیکون‌ولی با شرکت‌های مطرحی همچون مایکروسافت، اپل، گوگل و ... نماد انقلاب صنعتی چهارم باشد، مشاهده می‌کنیم که سه شرکت بزرگ این شهر با ۱۳۷ هزار کارمند، فروشی معادل ۲۴۷ میلیارد دلار دارند. بنابراین، یک تحول عظیمی در حال رخ دادن است که تأثیرات شگرفی در اقتصاد و اشتغال دارد.

– ایجاد نابرابری: ویژگی دیگری که انقلاب صنعتی چهارم را متمایز می‌سازد، گسترش نابرابری بین اقتصادها است؛ بدین‌صورت که به واسطه فناوری‌های ایجاد شده در این انقلاب، کارکنان دانشی با دستمزدهای بالا در برابر کارکنان غیردانشی قرار می‌گیرند که این امر باعث از بین رفتن بسیاری از مشاغل خواهد شد. وجه دیگر این نابرابری مربوط به صاحبان پلتفرم در برابر کاربران پلتفرم است. به عبارت دیگر، قدرت در آینده از آن کسانی است که صاحب پلتفرم هستند و نه کاربر صِرف آن. چرا که، یکی از موضوعات اصلی در انقلاب صنعتی چهارم پلتفرم‌ها هستند که به‌واسطه در کنار هم قرار گرفتن چند فناوری نیاز را به امکان متصل می‌کنند، یعنی مصرف‌کننده به تولیدکننده وصل می‌شود.

چگونگی پیاده‌سازی انقلاب صنعتی چهارم

Industry 4.0 یک مفهوم است که می تواند به شیوه‌های متفاوت درصنایع گوناگون اعمال شود.

– به‌منظور توانمندسازی صنایع برای پیاده‌سازی مفاهیم Industry 4.0 موارد زیر حائز اهمیت هستند:

– ارائه پهنای باند بالا، اتصالات شبکه باسیم و بی‌سیم امن و ایمن

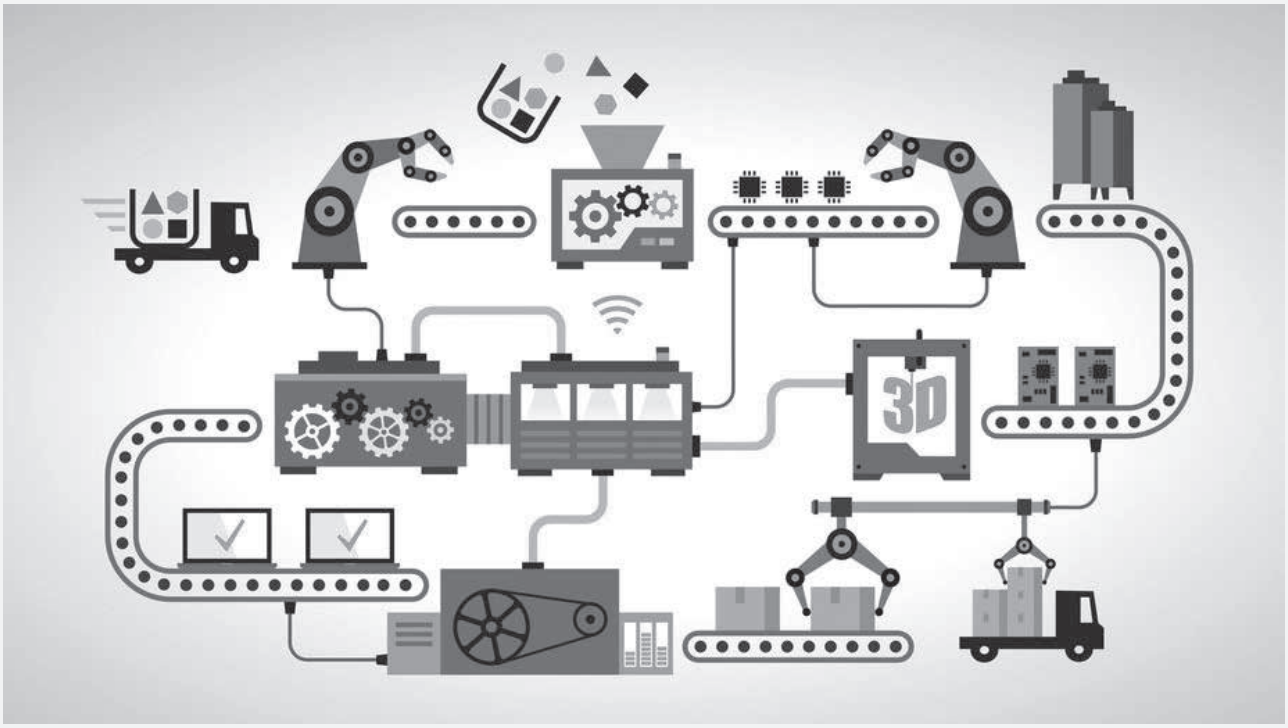
– دیجیتال‌سازی تجهیزات تولید مانند ماشین‌آلات، سیستم‌های حمل و نقل، دستگاه‌های ذخیره‌سازی، سنسورها، ابزارهای اندازه‌گیری، پایانه‌ها، چاپگرها، و غیره

– دیجیتال‌سازی کل زنجیره تولید به منظور اتصال به یک شبکه شرکتی (دیجیتالی کردن زنجیره عمودی)

– دیجیتال‌سازی تمام شرکت، تامین‌کننده‌ها و زنجیره مشتریان (ادغام افقی)

– دیجیتال‌سازی محصولات و خدمات

– توانمندسازی شرکت‌ها برای توسعه مدل‌های کسب و کار دیجیتال جدید و پیشرفته



– توانمندسازی شرکت‌ها برای ایجاد یا استفاده از خدمات ابری در دسترس با پهنای باند بالا
– تجهیز کردن اپراتورها به رایانه، تبلت، تلفن هوشمند و غیره که باید دائم آنلاین بوده و به شبکه متصل باشند.

انقلاب صنعتی نسل ٤ در صنعت نساجی

یکی از کارشناسان این حوزه می‌گوید کلیدی که سبب تغییر اساسی در تولید محصول نساجی است محاسبات هوشمند، مهندسی محیط، در ارتباط بودن فرایندهای تولید با یکدیگر و انعطاف‌پذیری در تولید است. تولید هوشمند یعنی کاربرد تکنولوژی شبکه اطلاعاتی در تمامی فرایند زنجیره تولید که مبتنی بر سفارش مشتری است. کارخانجات هوشمند راهکارهای منعطف و قابل انطباق را برای تولید هوشمند فراهم می‌سازند.

در نساجی انقلاب صنعتی چهارم متشکل از زنجیره کردن فرایندهای مستقل تولید است. به عنوان مثال یک حامل اطلاعات در نساجی می‌تواند یک بانکه مواد، بوبین، چله نخ، یا پارچه باشد.می‌توان از RFIDها و سنسورها به عنوان تجهیزات اولیه جمع‌آوری داده‌هایی نظیر چگونگی وضعیت دستگاه در حال کار و اطلاعات تعمیر و نگهداری استفاده نمود. در ان هنگام تولید خود را به صورت خودکار متناسب با سفارش قرارداده شده تنظیم و بهینه‌سازی می‌کند.

در همین حال تمامی اطلاعات به سیستم ERP و MES برای تصمیم‌گیری‌های بعدی مدیریت منتقل می‌شود.

همچنین تعمیر و نگهداری در آینده بهینه‌تر می‌شود. سیستم MES اطلاعاتی نظیر چگونگی عملکرد دستگاه‌ها، استهلاک ماشین‌آلات، جدول تعمیر و نگهداری را ذخیره کرده و برای تولیدکننده ماشین‌آلات ارسال می‌کند. سپس راهنمای تعمیر یا مدل سه‌بعدی آن را دریافت می‌کند.

نتیجه‌گیری

گسترش صنعتی شدن تولید در جهان سبب شده تولید بسیار رقابتی شود و روش سنتی تولید تبدیل به روش‌های به روز گردد. چهارمین انقلاب در صنعت به جای عوض کردن تولید به بهبود فرآیند تولید می‌پردازد و تمامی اجزاء موثر در تولید به تعامل با یکدیگر می‌پردازند. صنعت نساجی نیز باید به این تغییر توجه کند و شرایط را برای کاهش هزینه‌های تولید، بهبود فرآیند تولید، ارتقاء سطح تولید و تغییر در ساختار نیروی کار بوجود آورد.

منابع

1- Upgrading of textile manufacturing based on Industry 4.0 Zhen Chen1, a , Mingjie Xing1, b *
2- Industry 4.0: the new challenge for the Italian textile machinery industry
۳- نشست پژوهشی انقلاب صنعتی تهدیدها و فرصت ها. خبرگزاری صدا و سیما
۴- انقلاب صنعتی چهارم چیست؟ سازمان مدیران ایران
۵- انقلاب صنعتی چهارم. توف نورد ایران

جامعه متخصصین نساجی ایران
Iran Textile Specialists Association

مطالعه رفتار کششی کامپوزیت الیاف شیشه پلی‌استر تقویت شده با الیاف کنف

مهدی امامی قره‌حاجلو*[1]، وحید محمدی[2]، شهرام شاه‌بابائی[3]

چکیده

در گذشته تحقیقات متعددی از کاربردهای صنعتی کامپوزیت‌ها با توجه به خصوصیات منحصر به فرد آن در صنایع دیگر انجام گرفته است که هر یک از آنها توانسته با انتخاب مواد برای کاربردهای مختلف، تا حدودی رفتار کامپوزیت را توجیه نماید. امروزه ویژگی‌هایی نظیر امکان قالب‌گیری ساده و آسان، مقاومت شیمیایی مناسب، خواص فیزیکی و مکانیکی مورد تأیید در جهات مختلف، اتصال مناسب الیاف در بستر و همچنین امکان استفاده الیاف در محدوده وسیعی از کاربردها، کامپوزیت‌ها را بعنوان گروهی رایج در صنایع دیگر مطرح ساخته است. البته مشخص شدن برخی خطرات زیست‌محیطی ناشی از استفاده از الیاف معدنی در کامپوزیت‌ها، محققین را بر آن داشت تا امکان استفاده از انواع الیاف طبیعی را در ساخت کامپوزیت‌های پلیمری با خواص فیزیکی و مکانیکی آن، مورد بررسی قرار دهند. در این تحقیق به جهت توسعه تحقیقات، خصوصیات کششی کامپوزیت پایه پلیمری شیشه و پلی‌استر مقاوم شده با الیاف طبیعی کنف، مورد بررسی قرار گرفت. فاز تقویت‌کننده بصورت پارچه هیبریدی و همچنین لایه‌ای تک جهته درون بستر (ماتریس) پلیمری در نظر گرفته شد و به جهت خصوصیات مکانیکی نمونه‌ها، آزمون کشش بر روی آنها انجام گرفت. نتایج تجربی نشان داد که نمونه کامپوزیتی مقاوم‌سازی شده از الیاف کنف-شیشه که به صورت لایه‌ای تک‌جهته در بستر قرار داده شده، بهترین خصوصیات مکانیکی را از خود بروز می‌دهد. همچنین مقایسه برخی از خواص مکانیکی نمونه‌های کامپوزیتی در شرایط یکسان نشان داد که عامل استحکام الیاف، نقش موثرتری نسبت به نحوه قرارگیری آنها در بستر نمونه کامپوزیت‌های این تحقیق دارد و استحکام کششی در کامپوزیت تقویت شده با الیاف کنفی در حدود ۵,۳ درصد مقادیر نمونه‌های اولیه خواهد بود.

مقدمه

عموماً در برخی از کاربردهای مهندسی، امکان استفاده از یک نوع ماده که همه خواص خواسته را فراهم نماید وجود ندارد و لذا در این شرایط به تلفیق خواص مواد، نیاز است. به عنوان مثال در صنایع هوافضا به موادی نیاز است که ضمن داشتن استحکام بالا، سبک بوده و دارای مقاومت سایشی مناسبی نیز باشند و همچنین در برابر اشعه فرابنفش مقاومت کنند که برای دستیابی به این خواص، استفاده از کامپوزیت‌ها مناسب است تا کارایی محصول بهبود یابد. بر این اساس در سال‌های اخیر استفاده از کامپوزیت‌ها به ویژه کامپوزیت‌های زمینه پلیمری رشد سریعی داشته و این روند همچنان ادامه دارد [۱].

از نظر فنی، کامپوزیت‌های الیافی، مهمترین نوع کامپوزیت‌ها هستند که خود به دو دستهٔ الیاف کوتاه و بلند تقسیم می‌شوند و در آنها، الیاف می‌بایست استحکام کششی بسیار بالایی داشته باشند و خواص آنها (در قطر کم) از خواص توده ماده برتر باشد. خواص کامپوزیت به خواص الیاف، پلیمر، جهت و طول الیاف و همچنین کیفیت اتصال رزین و الیاف بستگی زیادی دارد. البته اگر

شکل ۱: دسته بندی انواع مواد کامپوزیتی بر اساس شکل و نحوه توزیع فاز مقاوم‌ساز [۱].

■ مقاله

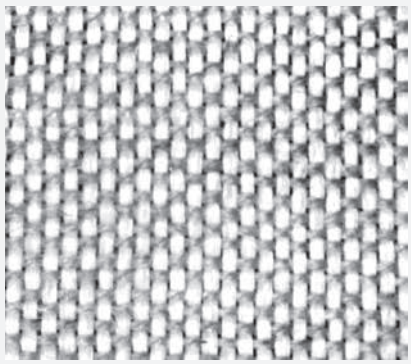
طول الیاف از یک حد که طول بحرانی نامیده می‌شود، کوتاه‌تر باشند، نمی‌توانند حداکثر نقش تقویت‌کنندگی خود را ایفا نمایند.

دسته‌بندی انواع کامپوزیت‌ها بر اساس شکل و همچنین نحوه توزیع فاز مقاوم‌ساز در شکل ۱ نشان داده شده است.

انتخاب نوع نخ یا پارچه هیبریدی، به نوع و خواص الیاف مصرفی بستگی دارد به گونه‌ای که استفاده الیاف با ازدیادطول کم یا زیاد و یا مخلوط آنها، می‌تواند باعث بهبود خواص فیزیکی و مکانیکی گردد. البته بکارگیری مناسب الیاف معدنی و آلی در یک بستر پلیمری می‌تواند اثری مثبت بر نوع تقویت‌کنندگی در کامپوزیت‌های پلیمری داشته باشد. استحکام ضربه‌ای، کششی عرضی و میزان جذب انرژی کم و شکنندگی از ضعف‌های عمده کامپوزیت‌های تقویت شده به وسیله الیاف شیشه محسوب می‌شوند [۱۰- ۹] که فرایند شکست مخرب و غیرقابل پیش‌بینی و کاهش استحکام ضربه‌ای محصولات ساخته شده به وسیله الیاف شیشه را موجب می‌شوند.

با توجه به اینکه زمینه کامپوزیت باید بارهای مکانیکی و دینامیکی زیادی را تحمل کند، تقویت آن با تقویت‌کننده‌های مناسب، ضروری به نظر می‌رسد [۱۱]. از اینرو، ترکیب تقویت‌کننده‌های الیافی و پارچه‌ای، می‌تواند باعث رفع این معضلات شده و تولید کامپوزیت‌های هیبریدی با خواص بسیار مناسب را فراهم سازد. هرچند الیاف متعددی را می‌توان به سیستم هیبریدی اضافه نمود، اما سودمندترین حالت استفاده از ترکیب دو نوع الیاف است. از این رو هیبریداسیون امکان دستیابی به کامپوزیت‌هایی با خواص مورد انتظار را فراهم می‌سازد. بعبارت دیگر، با انتخاب دقیق نوع تقویت‌کننده و روش فراوری، امکان طراحی مهندسی موادی با ویژگی‌های مناسب برای کاربردهای متعدد با در نظر گرفتن جنبه‌های اقتصادی فراهم می‌شود. اثر تقویت‌کنندگی الیاف شیشه در استفاده همزمان با الیاف طبیعی نظیر چوب، کنف، کتان، بامبو، سیسال و آناناس گزارش شده است [۱۲-۱۶]. در سال‌های اخیر پژوهش‌های بسیاری در زمینه کامپوزیت‌های هیبریدی انجام شده که در بیشتر آنها به هیبرید کردن الیاف طبیعی و بیوفیبرها با الیاف مصنوعی پرداخته شده است.

Mishra و همکارانش روی هیبرید بیوفیبرهای آگاو و برگ آناناس با الیاف شیشه و بررسی ویژگی‌های مکانیکی آنها تحقیقاتی انجام دادند و در ادامه، ویژگی‌های مکانیکی کامپوزیت‌های ساخته شده با الیاف کنفی با شرایط فراوری متفاوت توسط Munikenche و همکارانش انجام شد. از آنجائیکه کامپوزیت‌های تقویت‌شده با الیاف، در شرایط کاربرد نهایی در معرض تنش‌های دینامیکی مختلفی قرار می‌گیرند، مطالعه خواص ویسکوالاستیک آنها از اهمیت بسزائی برخوردار است. آنالیز مکانیکی و دینامیکی به طور وسیع برای مطالعه ساختار و رفتار ویسکوالاستیک مواد و کامپوزیت‌های پلیمری مورد استفاده قرار گرفته است [۱۷-۲۳]. این تحقیقات به بررسی رفتار کششی کامپوزیت هیبریدی چندلایه و پارچه‌ای که به کمک الیاف طبیعی و مصنوعی تولید شده است، پرداخته‌اند که هدف آنها استفاده از مواد طبیعی و دوستدار محیط‌زیست در صنعت



شکل ۲: ساختار پارچه هیبریدی با طرح تافته در تحقیق

کامپوزیت بوده که در آنها مواردی از ترکیب الیاف شیشه/پلی‌استر با الیاف طبیعی مانند کنف هم دیده می‌شود که این الیاف کوتاه، به صورت تک یا همه جهته و پارچه‌ای مورد استفاده قرار گرفته است که این مطالعات، ضرورت تحقیقات توسعه‌ای را نشان می‌دهد.

تجربیات

در این تحقیق به جهت ساخت کامپوزیت پارچه ای، از چیدمان چند لایه الیاف تک جهته با انتخاب پارچه‌ای با طرح بافت تافته به صورت ترکیبی که جنس نخ تار آن از پلی‌استر/ کنف و نخ پود از پلی‌استر/شیشه استفاده شد. به جهت تهیه نمونه‌های پارچه‌ای از دستگاه گلیم بافی سنتی ماکوئی استفاده شد. طول الیاف کنف ۱/۹ تا ۳/۲ میلی‌متر و ظرافت آن ۱۵/۹ تا ۲۰/۷ میکرون در نظر گرفته شد که تصویری از نمونه بافت در شکل ۲ نشان داده شده است.

جدول ۱: داده‌های حاصل از اندازه‌گیری جرم و چگالی الیاف مورد استفاده در تولید پارچه هیبریدی

خصوصیت فیزیکی	پلی‌استر	شیشه	کنف
وزن 10 متر (گرم)	10/11	28/27	9/03
چگالی (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	1/44	2/55	1/3

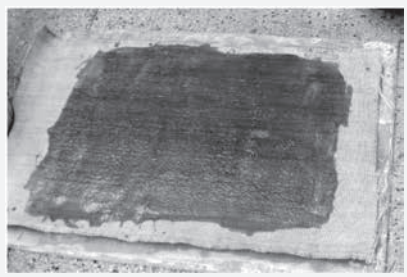
جدول ۳: مشخصات رزین مورد استفاده در ساخت نمونه‌ها

شرکت سازنده	نام تجاری محصول	کد هاردنر	چگالی رزین (kg/litr)	چگالی هاردنر (kg/litr)
SHELL	Epikote 828	F 205	1/16	1/04

اطلاعات مربوط به اندازه‌گیری‌های جرم و چگالی این الیاف از طریق ترازوی دیجیتالی با دقت یک ده هزارم اندازه‌گیری شد که مقادیر آن در جدول ۱ ارائه گردید.

برای محاسبه نسبت حجمی پارچه، از روش غوطه‌وری در آب استفاده شده است بدین صورت که ابعادی از پارچه با دقت و بدون وجود کمترین مقدار هوا، در آب غوطه‌ور شده و سپس با اندازه گیری تغییر ارتفاع سطح آب و مساحت سطح بطری، حجم آب جابجا شده (که معرف حجم پارچه است) بدست می‌آید. حجم پارچه نیز قبل از ساخت نمونه‌ها به روش هندسی و بر اساس ابعاد آن، اندازه‌گیری شد و به این ترتیب امکان محاسبه نسبت حجمی الیاف یا درصد حجمی الیاف فراهم گردید. در جدول ۲ نسبت حجمی الیاف در هر نمونه و همچنین کدگذاری نمونه پارچه‌ها ارائه شد.

از رزین با مشخصات ارائه شده در جدول ۳ و بر اساس استاندارد ASTM D4052 برای ساخت زمینه پلیمری نمونه‌های کامپوزیتی استفاده شد. برای تهیه نمونه کامپوزیتی با هدف مقاوم‌سازی پارچه بافته شده، نمونه پارچه‌ها بر روی شیشه



شکل ۳: نحوه آغشته‌سازی نمونه پارچه ها با رزین برای تولید نمونه‌های کامپوزیت

واکس خورده قرار گرفته و صاف شد. سپس رزین و سخت‌کننده (هاردنر) با یکدیگر مخلوط و به آنها تا دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد حرارت داده شد. رزین آماده شده با ابزار هواگیر و بطور یکنواخت (هموژن)، بر روی پارچه آغشته شده و سپس با کمک ابزار تخت در تمام سطح و درون بافت پارچه نفوذ داده شد. در مرحله بعد، نمونه پارچه دیگر بر روی پارچه اولیه قرار داده شده و عملیات آغشته‌سازی مجددا تکرار شد و بدین ترتیب یک نمونه پارچه دو لایه مقاوم ساخته شد. لازم به ذکر است که به منظور تهیه نمونه‌هایی با کیفیت مناسب، در حین ساخت، وزنه‌هایی بر روی قالب قرار داده شد و پس از ۱۲ ساعت قالب جدا شده و نمونه به صورت یک صفحه با ابعاد ۴۰×۵۰ سانتی‌متر تهیه شد که در شکل ۳ نحوه آغشته‌سازی پارچه با رزین نشان داده شده است.

آزمون کشش

در این تحقیق پس از مراحل آماده سازی نمونه‌ها، آزمایش کشش بر اساس استاندارد ASTM D3039 انجام گرفت. بر این اساس نمونه‌ها برای آزمایش در ابعاد ۲۵۰ × ۲۰ میلی‌متر و با استفاده از اره چوب‌بری فارسی‌بر، برش داده شدند. سپس نمونه‌ها بر اساس نوع الیاف (پارچه‌ای یا لایه‌ای) و جنس آنها (کنف-پلی‌استر یا کنف-شیشه) و بر اساس جدول ۲ کدگذاری شدند. لازم به ذکر است که از هر نوع کامپوزیت، سه نمونه برای آزمایش کشش تهیه و پس از انجام آزمایش، میانگین داده‌ها استخراج گردید.

برای انجام آزمایش کشش از دستگاه اعمال نیرو با نام تجاری SANTAM STM150 DBBP-2T)) استفاده شد. این دستگاه برای فراهم آوردن امکان آزمون نمونه‌های کامپوزیتی، با یک فیکسچر تجهیز شد. همچنین دستگاه آزمون باید قادر به اعمال بار به صورت کنترل شده بوده و بتواند بار اعمالی را با دقت ۱ درصد اعمال نماید. بدین منظور سرعت حرکت فک‌های دستگاه بر اساس استاندارد برابر با ۳/۵ میلی‌متر بر دقیقه تنظیم شد.

نتایج و بحث

انجام آزمایش کشش بر اساس استاندارد ASTM D3039 انجام گرفته است. خروجی دستگاه آزمون در این آزمایش نیز به صورت نمودار نیرو-جابجایی است که با برخی محاسبات، به نمودار تنش-کرنش تبدیل شده و داده‌های مربوط به آزمون کشش از آن استخراج می‌شود. در جدول ۴ مقادیر میانگین هر یک از خصوصیات کششی نمونه‌های تولیدی نشان داده شده است.

در شکل ۴ نمودارهای مقایسه‌ای نیرو-جابجایی و تنش-کرنش تمامی نمونه‌ها نشان داده شده است که در آن ملاحظه می‌شود، میزان جابجایی تا قبل از شکست در نمونه حاوی الیاف شیشه به صورت لایه‌ای تک جهته (نمونه C)، از سایر نمونه‌ها بیشتر است و پس از این نمونه، به ترتیب نمونه‌های B، A و D قرار می‌گیرند. همین ترتیب در مورد سایر خصوصیات مکانیکی از قبیل استحکام کششی، مدول یانگ و میزان انرژی جذب‌شده نیز صادق است.

خواص برتر نمونه C به وضوح به علت وجود

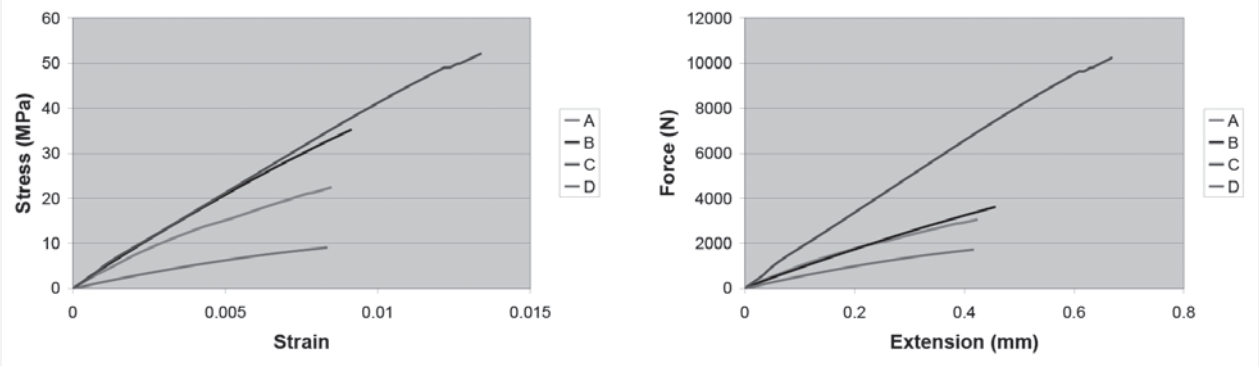
جدول ٤: خصوصیات مکانیکی نمونه‌های تولیدی

نمونه‌ها	مدول یانگ (MPa)	استحکام کششی (MPa)	افزایش طول شکست (mm)	کرنش شکست	انرژی جذب شده (J)	مدول ویژه (MPa)	استحکام ویژه
هیبرید کنف و پلی‌استر (A)	4161	22/4	0/424	0/0085	0/74	407/9	2/2
هیبرید کنف و شیشه (B)	4499	35/3	0/457	0/0091	0/88	391/2	3/1
لایه‌ای کنف و شیشه (C)	4096	52/1	0/67	0/0134	3/65	333	4/2
لایه‌ای کنف و پلی‌استر (D)	1720	9/1	0/417	0/0083	0/40	160/7	0/85

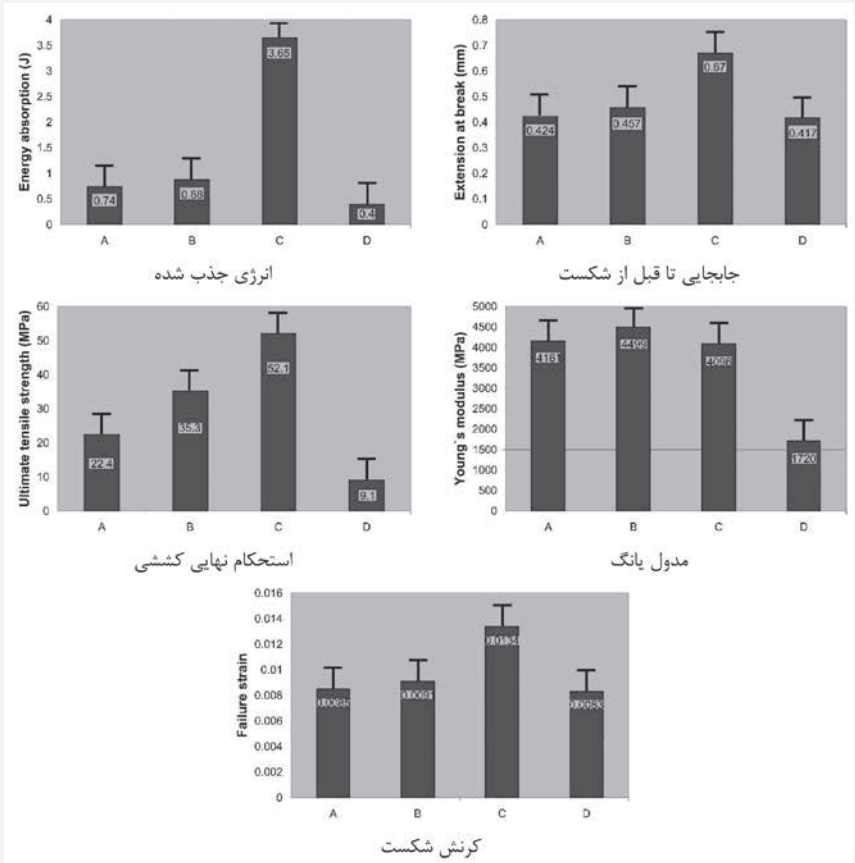
الیاف شیشه به عنوان فاز مقاوم‌ساز و همچنین نحوه قرارگیری این الیاف به صورت لایه‌ای تک جهته است و این مسئله بدین دلیل درگیری الیاف در ساختار بافت پارچه، الگوی اعمال تنش به الیاف را تا حدودی دستخوش تغییر می‌نماید بدین ترتیب که اتصال و درگیری الیاف با هم سبب تجزیه المان‌های نیرو و اعمال آن در جهت الیاف تار و پود کامپوزیت پارچه‌ای می‌گردد. این امر در پارچه بافته شده با الیاف کنف و شیشه، باعث انتقال بخشی از نیرو به الیاف کنف (که از دیدگاه مقاومت کششی بسیار ضعیف‌تر از الیاف شیشه هستند) می‌گردد و بدین ترتیب باعث افت مقاومت کششی کامپوزیت می‌شوند. علاوه بر آن به نظر می رسد تجزیه نیروی اعمال شده در جهت تار و پود، باعث می‌شود تا بخشی از نیرو در جهت عرضی به الیاف شیشه اعمال شود که به علت ضعف الیاف شیشه در برابر نیروهای اعمالی عرضی، مقاومت کلی در برابر تنش افت خواهد کرد. این مسئله را با مقایسه نتایج حاصل از تست کشش نمونه‌های B و C (که هر دو حاوی الیاف شیشه بوده اما در نمونه B الیاف شیشه با الیاف کنف درگیر هستند) می‌توان به وضوح دریافت.

با این وجود، با توجه به برتری قابل ملاحظه خواص کششی الیاف شیشه در مقایسه با الیاف پلی‌استر، خواص مکانیکی نمونه مقاوم شده با پارچه هیبریدی کنف–شیشه نسبت به نمونه‌های حاوی الیاف پلی‌استر همچنان در سطح بالاتری دیده می‌شود.

در میان نمونه‌های مورد بررسی، ضعیف‌ترین خاصیت مورد نظر در نمونه مقاوم‌شده با لایه‌های پلی‌استر (نمونه D) دیده می‌شود که بیانگر تاثیر مثبت ترکیب الیاف پلی‌استر و کنف بافت پارچه در نمونه A، بر خواص مکانیکی کامپوزیت است. این نتیجه بیانگر این نکته است که در مورد الیاف ضعیف پلی‌استر، ترکیب شده با الیاف کنف (که خصوصیات بهتری نسبت به الیاف پلی‌استر دارند) و به تبع آن سبب تغییر الگوی توزیع تنش در الیاف و کاهش نقش الیاف پلی‌استر در مقاومت در برابر تنش می شود که منجر به بهبود خواص



شکل ٤: نمودارهای مقایسه‌ای تنش - کرنش و جابجایی - نیرو نمونه‌های این تحقیق



شکل ۵ : نمودارهای مقایسه‌ای ستونی خواص کششی نمونه‌ها تحت آزمون کشش

کششی می‌شود. حال اینکه در مورد الیاف شیشه، این موضوع برعکس بوده و تغییر الگوی توزیع تنش، نقش الیاف قوی‌تر شیشه را در مقاومت ماده کمرنگ می‌کند و منجر به افت خواص مکانیکی کامپوزیت حاصله در مقایسه با کامپوزیت تقویت شده با الیاف شیشه لایه‌ای و تک‌جهته می‌شود. برای درک بهتر تفاوت خصوصیات مکانیکی نمونه‌ها، در شکل ۶ تغییرات برخی از خواص اندازه‌گیری شده به صورت نمودارهای مقایسه‌ای ستونی ارائه شده‌اند که تفاوت معنی‌داری آنها نیز تائید شد.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصله از بررسی مقاومت کششی نمونه‌های کامپوزیتی مقاوم شده با الیاف کنف و شیشه/پلی‌استر و با زمینه پلیمری که بصورت پارچه هیبریدی و لایه‌ای تک جهته تهیه شد، نشان داد تفاوت مقادیر میانگین برخی از خواص مکانیکی به عواملی همچون نوع الیاف مصرفی و نحوه قرارگیری یا ارائه طولی الیاف در زمینه پلیمری بستگی دارد بررسی خصوصیات کششی هر یک از نمونه‌ها نیز نشان داد که نمونه با مقاوم‌ساز الیافی کنف–شیشه که به صورت لایه‌ای تک‌جهته در بستر آرایش یافته است، بهترین خصوصیات کششی را از خود بروز می‌دهد. همچنین مشخص شد در شرایط یکسان، استحکام الیاف مورد استفاده در مقایسه با نحوه قرارگیری آنها در بستر، نقش موثرتری در تعیین خواص کششی کامپوزیت دارد. همچنین در نمونه‌های کامپوزیتی تقویت شده پارچه ای، نمونه‌هایی که در بافت پارچه آنها، از الیاف شیشه استفاده شده است خواص کششی بهتری نسبت به نمونه‌های حاوی الیاف پلی‌استر دارند. در مورد نمونه‌های تقویت شده با الیاف لایه‌ای نیز نقش الیاف شیشه در ارتقای خواص کششی به مراتب موثرتر از نقش الیاف پلی‌استر است.

از لحاظ ظاهری نیز هر چند به نظر می‌رسد که بافت الیاف به صورت پارچه‌ای می‌تواند منجر به بهبود عملکرد الیاف مقاوم‌ساز ترکیب شده با الیاف کنف گردد، اما نتایج نشان می‌دهد که این حالت تنها در مواردی که از الیاف ضعیف‌تر از کنف در کنار آن استفاده می‌شود، صادق است و در مورد الیاف با خصوصیات فیزیکی بالاتر از کنف، بافت الیاف به صورت پارچه منجر به افت خواص نسبت به حالتی که الیاف به صورت تک‌جهته و لایه‌ای استفاده می‌شوند، می‌گردد که علت آن نیز تغییر الگوی اعمال تنش در الیاف با خصوصیات بالاتر است. همچنین خاصیت استحکام الیاف، عامل موثرتری در مقایسه با نحوه قرارگیری آنها بر خواص نهایی کامپوزیت تاثیرگذار است بدین صورت که هرچند درصد الیاف نسبت به الیاف تک‌جهته در یک جنس ثابت، استحکام کششی پایین‌تری دارند، اما در مقایسه با الیاف تک جهته از جنس ضعیف‌تر، نقش موثرتری در تعیین خواص کششی نهایی نمونه کامپوزیت‌های این تحقیق خواهد داشت.

منابع در دفتر مجله موجود است.

پی‌نوشت

۱– دانشجوی دکتری تکنولوژی نساجی، دانشکده مهندسی نساجی، دانشگاه یزد، یزد، ایران
۲– استادیار، گروه نساجی و پوشاک، دانشگاه آزاد اسلامی واحد قائم‌شهر، قائم‌شهر، ایران
۳– دانشجوی دکتری تکنولوژی نساجی، دانشکده مهندسی نساجی، دانشگاه آزاد علوم و تحقیقات تهران، ایران
* emami406msc@gmail.com

■ مقاله

علیرضا حائری عضو هیئت مدیره جامعه متخصصین نساجی ایران:

تولیدات زیرپله ای ۵۰ درصد بازار پوشاک کشور را در اختیار دارند

عضو هیئت مدیره جامعه متخصصین نساجی ایران، تولیدات زیرپله‌ای و بدون نام و نشان را مشکلی اساسی در این صنعت عنوان کرد و گفت: مطابق آمارها، نزدیک به ۵۰ درصد پوشاک کشور از همین تولیدات بی کیفیت و بی نام و نشان است.

علیرضا حائری در گفت وگو با ایرنا افزود: در صورت سوق دادن تولیدات بی‌نام و نشان به سمت واحدهای تولیدی شناسنامه‌دار، ضمن ارتقای کیفی محصولات، کاهش هزینه‌های تولید نیز اتفاق خواهد افتاد.

وی اظهار داشت: در سال های گذشته صنعت پوشاک کشورمان توسعه مناسبی نداشت و حتی نمی توان مدعی شد که صنعت پوشاک به معنای واقعی کلمه داریم؛ برای رفع این نقیصه باید واحدهای صنعتی شناسنامه دار را توسعه دهیم. حائری ادامه داد: در سنوات قبل، تولیدات این صنعت نتوانسته همپای مُد و سلیقه بازار حرکت کند و عمده تولیدات کارخانجات، در حقیقت کالاهایی بوده که تا پیش از این تولید می شده و نه آنچه که مردم می خواستند.

وی تاکید کرد: برای موفقیت در این صنعت و افزایش سهم بازار، باید تولیدکنندگان به تقاضا و نیاز مصرف کنندگان توجه ویژه داشته باشند.

افزایش نرخ ارز، فرصتی برای افزایش سهم بازار داخلی‌ها

افزایش نرخ ارز در یک سال گذشته هر چند با افزایش هزینه ها مشکلاتی برای تولیدکنندگان به دنبال داشت، اما منجر به کاهش واردات رسمی کالاها به‌ویژه کالاهای ساخته شده غیر ضروری به کشور شد. این مساله همچنین کاهش واردات قاچاق به خصوص در حوزه پوشاک را به دنبال داشت. حائری خاطرنشان کرد: آمارها حاکی از واردات سالیانه ۲.۵ میلیارد دلاری پوشاک قاچاق و غیررسمی به کشور است، اما ممنوعیت واردات پوشاک به صورت رسمی فرصت مناسبی برای صنعت پوشاک کشور مهیا کرد تا سهم خود را در بازار داخلی افزایش دهد.

وی گفت: هرچند ۴۰ زیر رشته در حوزه صنعت نساجی فعالند، اما پوشاک لوکوموتیو رشد و توسعه این صنعت است که با حرکت خود می تواند بخش های نخ، صنایع ریسندگی، بافندگی، چاپ، رنگرزی، دوخت و غیره را به حرکت در آورد.

عضو هیات مدیره جامعه متخصصان نساجی ایران تاکید کرد: امروز و با این شرایط، فرصت مغتنمی برای توسعه کمی و کیفی حوزه پوشاک و سایر صنایع مرتبط در صنعت نساجی در ابعاد داخلی و صادرات فراهم شده است.

مشکلات تولید

حائری در ادامه برخی مشکلات تولید نساجی را در کشوریادآور شد و افزود: بانک مرکزی باید مستقل‌تر عمل کند و به ویژه در نظارت بر تسهیلات دهی و وثیقه گرفتن از افراد سختگیری‌های بیشتری اعمال کند.

وی گفت: امروز شاهدیم بانک مرکزی تا مرحله تعیین ضوابط و نظارت بر تاسیس بانک ها و موسسه‌های مالی و اعتباری عملکرد خوبی دارد، اما پس از آن در مرحله نظارت ضعیف عمل می کند که نمونه آن دادگاه های اختلاس های اخیر است که طی آن وام های سنگینی بدون وثیقه به افراد فاقد اهلیت لازم پرداخت شده است.

عضو هیئت مدیره جامعه متخصصین نساجی بیان داشت: این رویه در سال های گذشته افزایش حجم مطالبات معوق بانک ها را رقم زد که در ادامه کاهش تسهیلات دهی بانک ها به واحدهای صنعتی و تولیدی را منجر شد.

وی همچنین وجود کالاهای چند نرخی را عاملی برای بروز رانت و فساد در جامعه عنوان کرد و گفت: وجود نرخ های دولتی، نیمه دولتی و آزاد برای اجناسی مثل ارز، برنج، گوشت و غیره سبب شده تا تنها برخی افراد جامعه از مزایای قیمت‌های دولتی بهره‌مند شوند و بی‌عدالتی گسترده ای را شاهد باشیم. حائری واردات ۱۴ میلیارد دلاری با ارز ۴۲۰۰ تومانی را یادآور شد و ادامه داد: امروز پرسش اساسی این است که این ارز صرف واردات چه کالاهایی شده، در حالی که گرانی‌ها ادامه دارد و در عمل مردم از عواید ارز ارزان‌قیمت بهره مند نشده اند.