

# دستور العمل استفاده از دستگاه الکتروریس غوطه وری

Labscale Dip - Electrospinning  
(Electroris-Dip)



1393

## فهرست عناوین

عنوان	صفحه
فصل 1- مقدمه	4
1-1- دستگاه آزمایشگاهی الکتروریسی	4
1-1-1- قابلیت‌ها و مشخصات	5
2-1- الکتروریسی غوطه وری (بدون نازل)	7
1-2-1- پارامترهای مؤثر بر الکتروریسی بدون نازل	9
2-2-1- جمع‌آوری فیبر در الکتروریسی بدون نازل	11
3-2-1- موضوعات مرتبط با الکتروریسی بدون نازل	12
4-2-1- نتیجه‌گیری	12
3-1- بسته تحویلی	12
4-1- گارانتی و خدمات پس از فروش	12
فصل 2- ایمنی	13
2-1- خطر برق گرفتگی:	13
2-2- خطر ریختن محلول پلیمری:	13
فصل 3- نصب و راه‌اندازی	14
3-1- نصب فیزیکی دستگاه	14
3-2- راه‌اندازی دستگاه	15
3-2-1- روشن کردن دستگاه	15
فصل 4- عملکرد دستگاه	16
4-1- سیستم کلی دستگاه الکتروریس:	16
4-1-1- وان محلول به همراه درام ریسنده:	17
4-1-2- سیستم تامین اختلاف پتانسیل ولتاژ بالا:	17

- 17..... 4-1-3- سیستم جمع کننده نانوالیاف (کالکتور):
- 18..... 4-1-4- سیستم تنظیم فاصله الکتروریسی:
- 18..... 5-1-4- سیستم کنترل دمای محفظه:
- 18..... 2-4- واسط فیزیکی
- 18..... 1-2-4- پانل دستگاه
- 19..... 3-4- تنظیم حرکت سابستریت و درامها:
- 19..... 4-4- تنظیم دمای داخل محفظه:
- 21..... 5-4- روشنایی داخل محفظه:
- 22..... 6-4- سیستم تامین اختلاف پتانسیل:
- 23..... فصل 5- نگهداری
- 23..... 1-5- اقدامات ایمنی و نحوه نگهداری از سیستم:
- 23..... 2-5- بررسی های قبل از روشن نمودن دستگاه الکتروریس
- 23..... 1-2-5- بررسی سیستم اتصال به زمین (ارت)
- 24..... 2-2-5- بررسی اتصال کابل "ولتاژ بالا"
- 24..... 3-2-5- اطمینان از خاموش بودن منبع تامین اختلاف پتانسیل
- 25..... فصل 6- سفارش
- 25..... 6-1- تولید سفارشی
- 25..... 2-6- نحوه سفارش

## فصل 1- مقدمه

### 1-1- دستگاه آزمایشگاهی الکتروریسی

نانوالیاف پلیمری به دلیل کاربردهای فراوان و ویژگی‌های خاصی که در این ابعاد پیدا می‌کنند، مورد توجه صنایع مختلف قرار گرفته‌اند. از جمله این کاربردها می‌توان کاربردهای پزشکی و تصفیه را نام برد. از این رو تولید نانوالیاف پلیمری با استفاده از یک روش نسبتاً ساده اما کارآمد، بسیار مفید خواهد بود. امروزه نانوالیاف پلیمری بدلیل کاربردهای فراوان بسیار مورد توجه قرار گرفته‌اند از جمله کاربردهای مختلف نانو الیاف می‌توان به کاربرد آنها در زمینه‌های فیلترهای غشایی، لباس‌های محافظ، تجهیزات الکترونیکی و نوری، کاربردهای بیوپزشکی و کامپوزیت‌های تقویت‌شده اشاره کرد. الکتروریسی (ES) روشی برای تولید نانوالیاف از طریق اعمال میدان الکتریکی بر یک جت سیال پاشیده شده است. این مواد دارای خواص مکانیکی، الکتریکی و بیولوژیکی بهبود یافته می‌باشند که می‌توان آن را متأثر از مساحت سطحی بالا و بهبود ساختار الیاف دانست. امروزه بهبود یک تکنیک الکتروریسی برای تولید نانوفیبر در مقیاس بالا از موضوعات مهم شده است، در حالیکه الکتروریسی نازل‌دار میزان تولید را محدود کرده است و تنها به منظور تحقیق مناسب می‌باشد. الکتروریسی بدون نازل رو به بالا دارای قابلیت تولید انبوه نانوفیبر بوده و موفق‌ترین طراحی برای کاربردهای تجربی می‌باشد. انتظار می‌رود که در الکتروریسی بدون نازل، برای تولید صنعتی موفق‌تر باشد.

دستگاه الکتروریس دارای قابلیت‌های ارتقا یافته در مقایسه با مشابه‌های خارجی برای تحقیقات آزمایشگاهی بر روی نانوالیاف پلیمری است. این دستگاه قابلیت کنترل همه پارامترها توسط پانل را دارد. این

دستگاه همچنین دارای دو سیستم تامین ولتاژ بالا مثبت و منفی قابل کنترل از صفر تا 35 کیلو ولت با نمایشگر دیجیتالی ولتاژ است. این دستگاه برخلاف اکثر دستگاه‌های الکتروریسی سایر شرکتها، از اندازه و وزن کمتری برخوردار است و امکان استقرار آن در آزمایشگاه به راحتی میسر است. با توجه به طول و قطر درام امکان جمع آوری نمدهای نانوفیبری یکنواختی با ابعاد  $20 \times 20$  سانتی متر مهیا خواهد شد.



شکل 1-1) دستگاه الکتروریس غوطه‌وری

### 1-1-1- قابلیت‌ها و مشخصات

#### U مقیاس تولید

- در مقایسه با دستگاه نازلی، خروجی این دستگاه معادل حدود 100 نازل می‌باشد.

#### U انعطاف پذیری

- توسط این دستگاه مشخصات مختلف نانوالیاف از جمله تخلخل، شکل، قطر، و توانایی گره دار شدن می‌تواند کنترل شود.
- فرایند آسان و مقرون به صرفه است.

- بسیاری از انواع پلیمرهای مختلف از جمله پلیمرهای مصنوعی، طبیعی و زیست تخریب پذیر و/یا پلیمر/کامپوزیت می‌تواند توسط این دستگاه به نانوالیاف تبدیل شوند.

#### ن کاربری آسان

- پارامترهای الکتروریسی می‌توانند به راحتی توسط پانل کنترل شوند.

#### ن برق ورودی دستگاه

- 220 ولت، تک فاز، 50-60 هرتز، 6 آمپر

#### ن درام ریسنده:

- در 3 مدل سیلندری، دیسکی و سیمی
- درام از جنس استیل
- طول: 20 سانتی متر
- قطر: 6 سانتی متر
- سرعت: 2-10 دور در دقیقه

#### ن جمع کننده (کالکتور)

- در 2 نوع رولی و درام چرخان
- کنترل فاصله الکتروریسی (20-5 سانتی متر)
- جنس: استیل
- صفحه با ابعاد 20 \* 15 سانتی متر و درام چرخان با طول 20 و قطر 10 سانتی متر

#### ن منبع تغذیه ولتاژ بالا

- دارای سیستم تامین اختلاف پتانسیل 35 کیلوولت مثبت
- دارای سیستم تامین اختلاف پتانسیل 35 کیلوولت منفی
- نمایشگر دیجیتال ولتاژ با دقت 0/1 کیلوولت
- نمایشگر دیجیتال جریان مصرفی با دقت 1 میکروآمپر (سفارشی)

#### ن سیستم کشش سابستریت رولی

- امکان کشش و برگشت توسط دو موتور مجزا
- امکان تغییر جهت حرکت سابستریت (راست، چپ یا دوطرف)
- مناسب برای سابستریتهای انعطاف پذیر از قبیل کاغذ، پارچه، فیلتر، فویل و ...
- کنترل سرعت کشش تا 100 متر در ساعت

#### ن حمام (وان) محلول پلیمر

- ظرفیت 1000 – 150 میلی لیتر
- اتصال راحت کابل ولتاژ بالا
- سهولت خارج نمودن از دستگاه جهت شستشو

**ن سیستم گرمایش**

- کنترل دمای محیط الکتروریسی (دمای محیط تا 45 درجه سانتی گراد)

**ن حافظه دائمی**

- آخرین تنظیمات در حافظه دائمی دستگاه ذخیره خواهد شد.

**ن تهویه**

- خروج حلال از محفظه توسط فن با امکان برنامه ریزی مدت کارکرد

**ن ایمنی**

- دارای سیستم تشخیص ارت
- دارای 3 سوئیچ جهت قطع ولتاژ هنگام باز شدن درب دستگاه
- دارای نشانگر باز بودن دریاها و عدم اتصال ارت مناسب
- دارای کلید قطع اضطراری
- دارای نشانگر فعال بودن کلید قطع اضطراری

**ن محفظه**

- فلزی با 3 درب جهت دسترسی آسان به کلیه بخشهای دستگاه

**ن ابعاد**

- 80\*65\*65 سانتی متر (ارتفاع، طول، عرض)

**ن وزن**

- حدود 120 کیلوگرم

**1-2- الکتروریسی غوطه وری (بدون نازل)**

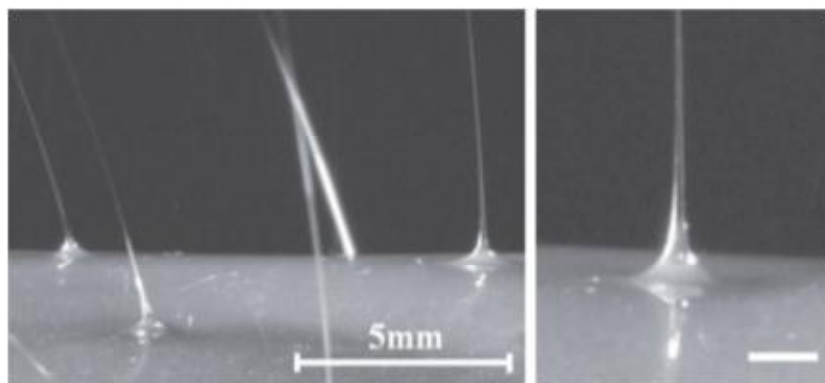
الکتروریسی بدون نازل با ریسنده چرخان به این صورت خلاصه می شود: با چرخش درام ریسنده، لایه نازکی از محلول پلیمری بر روی سطح ریسنده بارگذاری می شود. چرخش و بهم خوردگی منجر به تولید ستونهای میخی مخروطی شکل بر روی سطح این لایه از محلول می گردد. با اعمال یک ولتاژ قوی روی ریسنده، این میخها باعث تغلیظ بار و تقویت بهم خوردگی می شوند و سیال اطراف این میخها تحت تأثیر نیروی الکتریکی قوی به سوی میخها کشیده می شود که منجر به تشکیل مخروطهای تیلور می گردد. سپس وقتی میدان الکتریکی به اندازه کافی قوی باشد، جت های محلول از نوک این مخروطهای تیلور پرتاب می شوند. با یک طراحی مشابه، بطور سیستماتیک الکتروریسی بدون نازل با استفاده از انواع ریسنده های چرخان (دیسک، سیلندر

یا توپ) مقایسه شده است. وقتی محلول پلی وینیل الکل (PVA) توسط ولتاژ الکتریکی قوی از طریق سیم مسی موجود در ظرف محلول باردار شد، تعدادی جت / فیلامنت از ریسنده‌ها تولید شدند که روی جمع‌کننده لایه‌نشانی شدند. با چرخش ریسنده، محلول PVA بطور ثابت روی سطح ریسنده بارگذاری شد و در جهت تولید پیوسته جت / فیلامنت‌های پلیمری پیش رفت.



روش الکتروریسی در ریسنده سیلندری، دیسکی و توپی

روش دیگری برای تولید نانوفیبر به نام «الکتروریسی Tip-less (TLES) مطرح شده است که در این روش از یک سیلندر مدور به عنوان ریسنده چرخان استفاده می‌شود. فرایند پرتاب محلول از سطح ریسنده در شکل نشان داده شده است. نتایج تجربی بدست آمده نشان داد که بازده نانوفیبرهای پلی اتیلن اکسید از نظر وزنی که از این روش بدست آمده‌اند، 260 مرتبه بیشتر از نانوفیبرهای پلی اتیلن اکسیدی است که از روش الکتروریسی نازلی بدست آمده است.



فرایند خروج الیاف از سطح درام سیلندری

بین دو روش الکتروریسی نازل‌دار و بدون نازل تفاوت‌های قابل ملاحظه‌ای وجود دارد. در الکتروریسی بدون نازل، مخروط‌های تیلور روی سطح محلول پلیمری تشکیل می‌شود که اگر این مخروط‌ها پایدار باشند همراه با سطح درام چرخان حرکت خواهند کرد و تحت میدان الکتریکی قوی، جت‌هایی را تولید می‌کنند. از اینرو باید در میان مولکول‌های پلیمر در محلول، بر همکنش‌های بین مولکولی وجود داشته باشد تا مخروط‌های تیلور پایدار شوند. این مخروط‌ها در جهت تولید جت‌های ظریف کشیده می‌شوند و بصورت فیبرهای جامد بر



روی جمع کننده لایه نشانی می‌شوند. مشاهده شد که قطر پایه مخروط تیلور در الکتروریسی سیلندری از 1/2mm به 0/3mm به ترتیب در شروع و پایان الکتروریسی کاهش یافت (ضخامت اولیه فیلم پلیمری = 1mm). اگر ضخامت فیلم بیشتر کاهش داده شود، هیچ مخروط تیلور یا نانوفیبری تولید نخواهد شد. از اینرو، محلول باید یک ویژگی رئولوژیکی مناسب داشته باشد؛ از طرفی برای شروع الکتروریسی بدون نازل به یک ولتاژ الکتریکی قوی‌تر نیاز است، زیرا مخروط تیلور بسته به نوسانات موجی تشکیل می‌شود.

### 1-2-1- پارامترهای مؤثر بر الکتروریسی بدون نازل

#### 1-1-2-1- اعمال ولتاژ

اعمال ولتاژ یکی از پارامترهای بسیار مهم و مؤثر بر فرایند الکتروریسی و خواص الیاف می‌باشد. معمولاً برای شروع الکتروریسی بدون نازل یک ولتاژ قوی (معمولاً بیشتر از 40 کیلو ولت) لازم است. ولتاژ بحرانی مورد نیاز برای شروع الکتروریسی به خواص ماده، شرایط محیط (برای مثال دما و رطوبت) و فاصله الکتروریسی بستگی دارد. در صورت افزایش غلظت محلول یا فاصله الکتروریسی، مقدار ولتاژ بحرانی افزایش می‌یابد. در محلولی با غلظت بالا، به علت زیاد بودن ویسکوزیته، نیروی الکتریکی قوی‌تر جهت ایجاد مخروط‌های تیلور لازم است. با افزایش فاصله الکتروریسی، قدرت میدان الکتریکی در ناحیه الکتروریسی کاهش می‌یابد در نتیجه به ولتاژ قوی‌تر نیاز است. ریسنده‌های دیسکی و سیلندری به ولتاژهای بحرانی متفاوتی جهت شروع الکتروریسی نیاز دارند (42 کیلوولت برای دیسکی و 47 کیلوولت برای سیلندری). زمانی که از ریسنده سیلندری استفاده می‌شود، با اعمال ولتاژ کم، جت‌ها فقط از دو سر انتهای سیلندر تولید می‌گردند و هیچ جت یا فیلامنتی از وسط آن ایجاد نمی‌شود تا زمانی که مقدار ولتاژ بیشتر شود. با افزایش بیشتر ولتاژ جت‌ها از کل سطح سیلندر تشکیل می‌شوند. به هنگام استفاده از ریسنده دیسکی، وقتی مقدار ولتاژ بیشتر از مقدار بحرانی (42 کیلوولت) می‌شود، جت‌ها عمدتاً بر روی کناره لبه دیسک تشکیل می‌شوند. ریسنده دیسکی به آسانی می‌تواند شدت میدان الکتریکی زیادی را تولید کند. از اینرو اگر ولتاژ بیشتر از مقدار بحرانی باشد ریسنده دیسکی می‌تواند نانوفیبرهای بیشماری تولید کند.

روندهایی که در آنها با افزایش ولتاژ، قطر فیبر کاهش می‌یابد اما سرعت تولید افزایش می‌یابد، توسط دیگر محققان با استفاده از سیستم‌های پلیمری متفاوت بررسی شد. تمامی نتایج نشان می‌دهد که ولتاژ نقش کلیدی در بهبود سرعت تولید فیبر در الکتروریسی بدون نازل ایفا می‌کند.

#### 1-2-1-2- فاصله الکتروریسی

فاصله بین ریسنده و جمع کننده نیز یکی از عوامل مؤثر بر فرایند الکتروریسی و مورفولوژی فیبر می‌باشد. کاهش فاصله الکتروریسی تأثیری مشابه با افزایش ولتاژ دارد، اما این فاصله نمی‌تواند بطور نامحدود کاهش یابد.

برای جمع آوری نانوفیبرهای جامد، فاصله جمع آوری باید به اندازه کافی زیاد باشد تا قبل از مرحله لایه نشانی فیبر بر روی جمع کننده، حلال بطور کامل از جت تبخیر شود. حداقل فاصله جمع آوری به خواص محلول و ژئومتری ژنراتور فیبر بستگی دارد. برای مثال، حداقل فاصله جمع آوری برای محلول پلی اتیلن اکسید، 10cm است (رطوبت = 43% و دما = 22°C) و 11cm برای محلول PVA (برای ریسندگی 11-19cm و برای ریسندگی سیلندری 11-15cm). گرچه، فاصله الکتروریسی نباید بیش از اندازه زیاد باشد. هر چه فاصله جمع آوری بزرگتر باشد، برای شروع الکتروریسی به ولتاژ قوی تر نیاز می باشد که ممکن است باعث دشوارژ (جرقه) گردد، در نتیجه به علت یک میدان الکتریکی ضعیف، الکتروریسی متوقف می شود. اگر فاصله الکتروریسی خیلی کم باشد، فیبرهای مرطوبی بدست می آید که با فیلمی از پلیمر بر روی جمع کننده ادغام می گردد.

### 1-2-1-3- سرعت چرخش درام ریسنده

سرعت چرخش درام بر الکتروریسی بدون نازل تأثیر دارد و دارای محدوده وسیع گوناگونی است. آزمایشات نشان دادند که با افزایش سرعت چرخش درام سلندری، قطر فیبر کاهش می یابد. معمولاً افزایش سرعت چرخش، طول عمر مخروط تیلور را کاهش می دهد. برای بهبود بهره وری فیبر سرعت چرخش بسیار زیاد برای ریسنده مناسب نمی باشد.

### 1-2-1-4- غلظت پلیمر

غلظت محلول پلیمری نقش حیاتی در الکتروریسی بدون نازل ایفا می کند. وقتی غلظت محلول پلیمری بیش از اندازه کم باشد، معمولاً دانه های پلیمری بجای نانوفیبر تشکیل میشود. وقتی غلظت بسیار زیاد باشد، محلول پلیمری برای کشیده شدن به سوی جت بسیار ضخیم خواهد بود. اگر محلول پلیمری بطور موفقیت آمیز به شکل نانوفیبر ریسیده شود، غلظت پلیمر تأثیر قابل توجهی بر قطر فیبر نخواهد داشت. تأثیر غلظت محلول PVA را در الکتروریسی بدون نازل بررسی شده و مشخص شده است که وقتی غلظت PVA از 8% وزنی به 11% وزنی تغییر می کند، قطر فیبر بطور قابل توجهی تغییر نمی کند. نانوفیبرهای ریسیده شده از ریسندگی دیسکی دارای یک توزیع قطری با پهنای بسیار کمتر می باشند در مقایسه با آنهایی که از ریسندگی سلندری بدست آمده اند. گرچه میزان تولید الکتروریسی به غلظت محلول وابسته است، در مورد ریسندگی دیسکی، نانوفیبرهای حاصل وابستگی کمتری به غلظت PVA داشتند. در حالیکه در الکتروریسی سلندری، میزان تولید به شدت تحت تأثیر غلظت PVA می باشد.

الکتروریسی بدون نازل دارای قابلیت بسیار خوبی در تولید نانوفیبر از انواع محلول های پلیمری می باشد. به علاوه، از حلال آب و حلال های آلی (مانند DMF) برای تولید نانوفیبر استفاده شده است.

افزودن نمک به محلول می‌تواند دانسیته بار محلول را افزایش دهد و باعث بهبود فرایند الکتروریسی شود. بدون وجود نمک تترا اتیل آمونیوم برومید (TEAB) یا وجود مقدار کمی از آن، محلول پلی اورتان نمی‌تواند به نانوفیبر رسیده شود. اما با افزودن مقداری TEAB به محلول، الکتروریسی به میزان قابل توجهی بهبود می‌یابد. با افزایش مقدار نمک TEAB، هم بهره‌وری و تولید فیبر و هم قطر آن افزایش می‌یابد. زیرا TEAB باعث زیاد شدن رسانایی الکتریکی شده که منجر به بهبود قابلیت الکتروریسی می‌شود.

الکتروریسی بدون نازل دارای مزایایی نسبت به الکتروریسی نازل دار می‌باشد. وجود ناخالصی در محلول به هنگام الکتروریسی به آسانی می‌تواند ریسنده نازلی را بلوکه کند و باعث توقف عمل الکتروریسی شود. اما در الکتروریسی بدون نازل، به علت نبود ریسنده موئینی، هیچ مانعی برای فرایند وجود ندارد.

ژئومتری ریسنده به میزان قابل توجهی بر فرایند الکتروریسی و خواص فیبر تأثیر دارد. برای دو ریسنده دیسکی و سیلندری، تحت شرایط مشابه الکتروریسی، ریسنده دیسکی ظریف‌ترین نانوفیبر را با کمترین پهنا در توزیع قطر فیبر ایجاد می‌کند. ریسنده سیلندری، نانوفیبرهای ضخیم و درشت با بیشترین بهره‌وری فیبر را ایجاد می‌کند. نسبت به این دو نوع ریسنده، ریسنده توپی نانوفیبرهای ضخیم‌تر با میزان بهره‌وری کمتر تولید می‌کند.

### 1-2-2- جمع‌آوری فیبر در الکتروریسی بدون نازل

جمع‌آوری در الکتروریسی بدون نازل به سه دسته تقسیم می‌شود: پایه صفحه، درام چرخان و سوبسترای متحرک. جمع‌کننده پایه صفحه‌ای معمولاً برای الکتروریسی با سرعت تولید بالا و آرام بکار می‌رود. گرچه این نوع جمع‌کننده‌ها برای سیستم‌های الکتروریسی بدون نازل مناسب نیستند، زیرا لایه نشانی مقدار زیاد نانوفیبر باعث تجمع مقادیر زیاد بار روی جمع‌کننده می‌گردد که در نهایت منجر به آسیب یا حتی توقف فرایند الکتروریسی می‌شود. بنابراین در چنین سیستم‌هایی وجود جمع‌کننده‌های متحرک الزامی است. دو نوع جمع‌کننده متحرک وجود دارد: درام چرخان و سوبسترای متحرک. جمع‌کننده درام همچنین می‌تواند لایه نانوفیبر آرایش یافته را جمع‌آوری کند. وقتی mat به یک ضخامت معین می‌رسد، از جمع‌کننده جدا می‌شود. مزیت این نوع جمع‌آوری اینست که نانوفیبرها بطور پیوسته جمع‌آوری می‌شوند و الزاماً شبکه نانوفیبر نباید سخت و محکم باشد؛ چنین سیستم جمع‌آوری همچنین اتصال نانوفیبرها را در خود سوبسترای جمع‌کننده فیبر، در صورت نیاز، مجاز می‌کند.

### 1-2-3- موضوعات مرتبط با الکتروریسی بدون نازل

ثابت شده است که الکتروریسی بدون نازل رو به بالا از موفق‌ترین سیستم‌های الکتروریسی بدون نازل است. حمام محلول معمولاً به سمت هوا باز می‌باشد. تبخیر حلال می‌تواند ویسکوزیته محلول را افزایش داده و یکنواختی محلول را کاهش دهد. از اینرو برای افزایش قابلیت الکتروریسی، محلول باید بطور دقیق برآورد شود. بسته به تشکیل تعداد زیادی جت در یک فضای کوچک (از ریسنده به جمع کننده)، غلظت حلال آلی در ناحیه الکتروریسی می‌تواند در مدت الکتروریسی به مقدار زیادی برسد. اینکه چطور می‌توان حلال آلی را بطور مؤثر بازیابی کرد، موضوع مهمی در طراحی یک سیستم الکتروریسی رو به بالا می‌باشد.

### 1-2-4- نتیجه‌گیری

نانوفیبرهای ریسیده شده دارای کاربردهای زیادی در انواع زمینه‌ها هستند. امروزه بهبود یک تکنیک الکتروریسی برای تولید نانوفیبر در مقیاس بالا از موضوعات مهم شده است، در حالیکه الکتروریسی نازل‌دار میزان تولید را محدود کرده است و تنها به منظور تحقیق مناسب می‌باشد. الکتروریسی بدون نازل رو به بالا دارای قابلیت تولید انبوه نانوفیبر بوده و موفق‌ترین طراحی برای کاربردهای تجربی می‌باشد. انتظار می‌رود که در الکتروریسی بدون نازل در مقیاس بالا، حلال بتواند بطور مؤثر بازیابی گردد، بنابراین فیبرها با حداقل تماس با محیط تولید می‌شوند. سیستم‌های الکتروریسی بدون نازل جهت تولید نانوفیبر از پلیمرهای ترموپلاستیک هنوز در حال توسعه می‌باشند.

### 1-3-3- بسته تحویلی

۱) فیوز	۱) کابل پاور
۲) محلول پلیمری	۲) کابل ارت
۳) پلی وینیل الکل (250 گرم)	۳) کاتالوگ
۴) مفتول استیل ضد زنگ	۴) دستورالعمل استفاده از دستگاه

### 1-4-4- گارانتی و خدمات پس از فروش

گارانتی دستگاه‌های تحویلی، شامل یک سال گارانتی و پنج سال خدمات پس از فروش است.

## فصل 2- ایمنی

### ۱-۲- خطر برق گرفتگی:

استفاده نادرست از دستگاه تامین اختلاف پتانسیل می تواند خطر برق گرفتگی و مرگ داشته باشد. قبل از شروع کار با دستگاه تامین اختلاف پتانسیل کلیه تمهیدات ایمنی در نظر گرفته شود. کلیه اتصالات، بخصوص سیستم ارت را بررسی نموده و از صحت آنها مطمئن شوید. دستگاه الکتروریس با سیستم ولتاژ بالا در حدود 35 کیلوولت کار می کند که این ولتاژ می تواند این ولتاژ را از چند سانتی متری به هر نقطه رسانایی از جمله بدن انسان تخلیه نماید بنابراین در صورت روشن بودن منبع ولتاژ بالا هرگز درب دستگاه را باز ننمایید و هرگز کابل ولتاژ بالا را به غیر از وان و جمع کننده به محل دیگری متصل نکنید.

### رعایت نکات ایمنی برای شما و همکارانتان از مسئولیت های شماست.

### 2-2- خطر ریختن محلول پلیمری:

در هنگام استفاده جهت جلوگیری از پاشیده شدن محلول پلیمری به صورت، حتماً درب های دستگاه بسته باشد یا در غیر اینصورت از عینک و محافظ صورت استفاده نمایید.  
هنگام پر کردن وان از محلول مراقب سرریز شدن محلول از کناره های وان باشید اینکار می تواند باعث نشد جریان ولتاژ بالا به خارج از وان گردد.

### فصل 3- نصب و راه اندازی

#### 3-1- نصب فیزیکی دستگاه

لطفا قبل از نصب فیزیکی دستگاه، دفترچه راهنما را به دقت مطالعه فرمایید. قبل از نصب دستگاه باید توجه داشته باشید که محیط مناسب برای کار با دستگاه الکتروریس، باید دارای شرایط زیر باشد:

- 1- سطح محکم، تمیز و خشک
- 2- شرایط مناسب زیست محیطی
- 3- تهویه مناسب
- 4- دسترسی به ارت مناسب

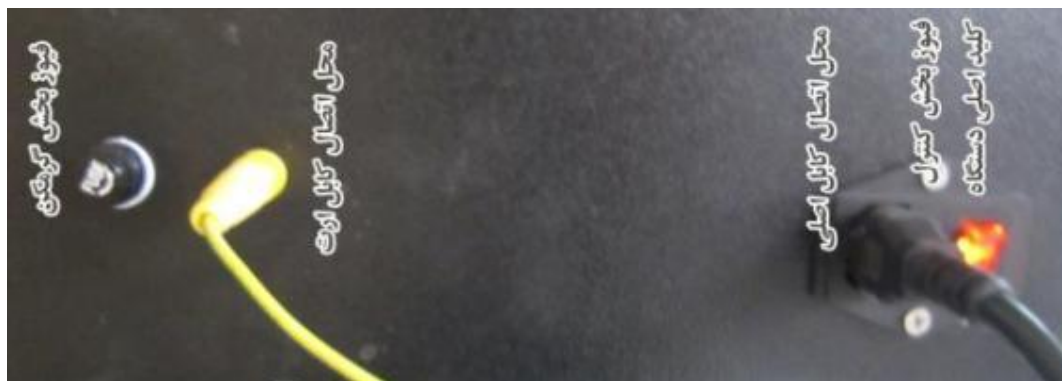
مراحل نصب دستگاه به صورت زیر است:

- 1- اتصال کابل پاور به منبع ولتاژ (پریز برق) و ورودی ولتاژ دستگاه
- 2- اتصال کابل ارت
- 3- روشن کردن دستگاه با استفاده از کلید تعبیه شده در پشت دستگاه

## 3-2- راه اندازی دستگاه

## 3-2-1- روشن کردن دستگاه

ابتدا کابل را به پشت دستگاه متصل نمایید. جهت روشن شدن دستگاه لازم است کلید پشت آن در حالت On قرار گیرد که در اینصورت لامپ موجود در کلید روشن خواهد شد.



نمای پشت دستگاه الکتروریس غوطه وری

#### فصل 4- عملکرد دستگاه

##### 4-1- سیستم کلی دستگاه الکتروریس:

همانطور که از سیستم الکتروریسی در شکل زیر مشخص است چهار مجموعه در این دستگاه حائز اهمیت است که عبارتند از: وان محلول به همراه درام ریسنده، سیستم‌های تامین ولتاژ بالا، سیستم جمع کننده نانوالیاف (کالتور) و سیستم تنظیم فاصله الکتروریسی.

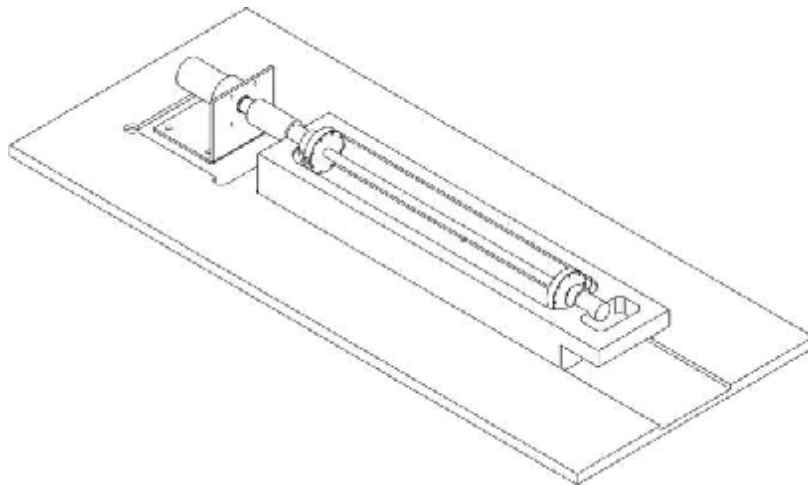


نمای کلی دستگاه الکتروریس: سیستم ولتاژ بالا (2 عدد)، جمع کننده، بخش کنترل، وان و درام ریسنده



## 4-1-1- وان محلول به همراه درام ریسنده:

از آنجا که در این فرایند، الکتروریسی توسط درام ریسنده داخل وان محلول انجام می‌گیرد و در آن حدود نصف درام داخل محلول غوطه ور می‌گردد، بایستی محلول پلیمری به مقدار کافی داخل وان وجود داشته باشد. سرعتهای متفاوت چرخش درام باعث ایجاد تفاوت در ضخامت فیلم تشکیل شده بر روی درام سیلندری خواهد شد که به نوبه خود تاثیر زیادی در تشکیل جت تیلور خواهد داشت.



## 4-1-2- سیستم تامین اختلاف پتانسیل ولتاژ بالا:

دستگاه‌های تامین ولتاژ بالا (*High Voltage Power Supply*) با حداکثر ولتاژ 35 کیلوولت مثبت و منفی، ساخت شرکت فناوران نانومقیاس است. با توجه به اینکه دستگاه بدون نازل جهت تولید نانوالیاف به اختلاف پتانسیل بیشتری نسبت به دستگاه نازلی نیاز دارد بنابراین ولتاژ بالای مثبت به محلول داخل وان و ولتاژ منفی به کالکتور متصل می‌گردد تا جمع 2 ولتاژ باعث اختلاف پتانسیل بالاتر شده و تشکیل نانوالیاف در حجم زیاد را باعث گردد.

## 4-1-3- سیستم جمع کننده نانوالیاف (کالکتور):

سیستم جمع کننده در این آزمایشات صفحه مسطح یا یک درام استیل با قطر 10 و طول 20 سانتی متر می‌باشد که به ولتاژ منفی متصل شده است. در صورت استفاده از فویل آلومینیم باید با دقت و بسیار صاف بر روی درام قرار

گیرد تا میدان یکنواختی بین نازل و جمع کننده برقرار گردد. ضمن اینکه عدم اتصال مناسب میتواند باعث جدا شدن فویل و برخورد آن به درام ریسنده دارای ولتاژ بالای مثبت گردد. بنابراین فویل بایستی طوری به درام چسبانده شود که از درام جدا نشود. درام جمع کن به موتور با امکان تنظیم دور متصل گردیده است که قادر است آنرا را با سرعت دلخواه بچرخاند.

#### 4-1-4- سیستم تنظیم فاصله الکتروریسی:

در دستگاه الکتروریس فاصله الکتروریسی (فاصله نوک نازل تا صفحه جمع کننده) به راحتی توسط 2 دکمه فشاری سمت چپ پانل قابل کنترل است. مقدار بهینه این فاصله با توجه به ولتاژ اعمال شده، غلظت محلول، کشش سطحی و ... متغیر است.

#### 4-1-5- سیستم کنترل دمای محفظه:

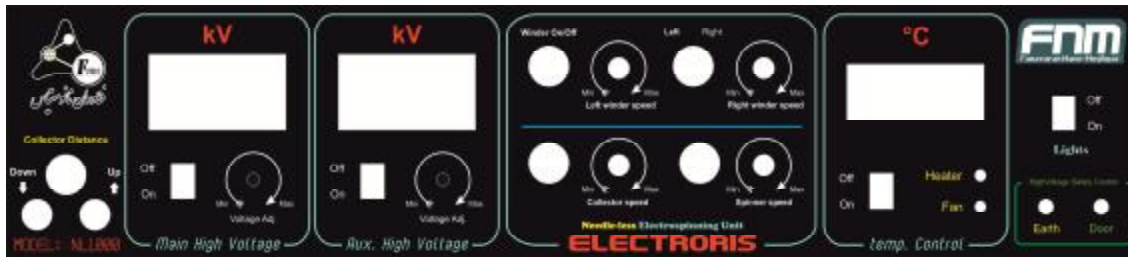
در برخی کاربردها نیازمند آن هستیم که محفظه دمای خاصی داشته باشد تا بتوان عملیات پوشش دهی نانوالیاف به خوبی انجام پذیرد. به این منظور در این دستگاه یک سیستم گرمایش تعبیه شده است که می تواند دمای محیط الکتروریسی را تا 45 درجه سانتی گراد کنترل نماید.

#### 4-2- واسط فیزیکی

واسط فیزیکی این دستگاه شامل پانل و صفحه نمایش است که ارتباط کاربر با برخی از بخش های دستگاه، میسر می سازند.

#### 4-2-1- پانل دستگاه

پانل دستگاه الکتروریس بدون نازل در شکل زیر نشان داده شده است. این پانل مجهز به 5 بخش مختلف می باشد از چپ به راست مربوط به سیستم تنظیم فاصله الکتروریسی، تنظیم ولتاژ بالای مثبت (اصلی)، تنظیم ولتاژ بالای منفی (کمکی)، تنظیم جهت و سرعت حرکت سابستریت، تنظیم سرعت چرخش درام، سیستم تنظیم دمای محفظه و سیستم بررسی ایمنی (ارت و باز بودن دربها) می باشد.



پانل دستگاه الکتروریس

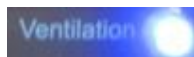
#### 4-3- تنظیم حرکت سابستریت و درامها:

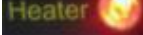
در این دستگاه امکان تنظیم سرعت حرکت سابستریت در 2 جهت فراهم شده است. کلید Winder جهت روشن نمودن موتورهای کشش سابستریت و کلید left/right مربوط به انتخاب جهت کشش است. 2 ولوم 10 دور جهت تنظیم سرعت هر یک از موتورها می باشد که برای جلوگیری از آویزان شدن سابستریت و پارگی آن در اثر کشیده شدن بایستی هر 2 ولوم در مقادیر مناسبی تنظیم شود. در زیر خط آبی 2 کلید دیگر با نامهایی (Collector speed) جهت روشن و خاموش کردن درام جمع کن و تنظیم سرعت آن و کلید دیگری با نام (spinner speed) جهت روشن کردن درام ریسنده و تنظیم سرعت آن تعبیه شده است.



#### 4-4- تنظیم دمای داخل محفظه:

توسط این بخش می توان دمای داخل محفظه را از دمای محیط تا 45 درجه سانتی گراد تنظیم کرد. دیود نورافشان





قرمز  نشان دهنده روشن بودن سیستم گرمایش دستگاه و دیود نورافشان آبی

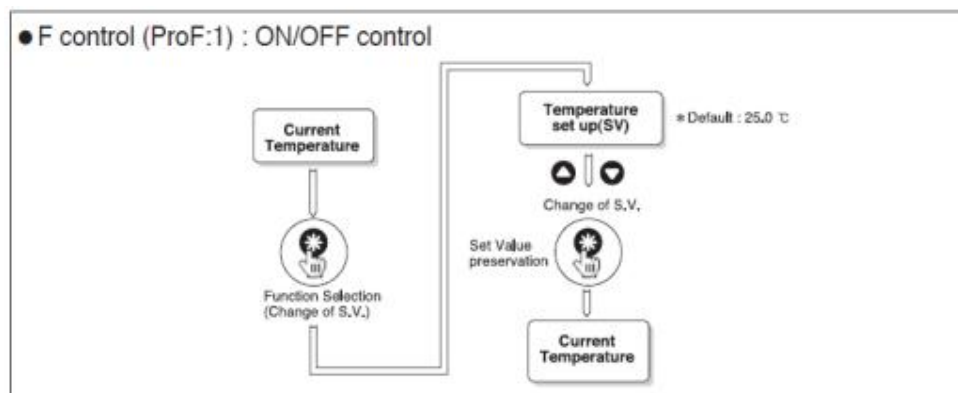
نشان دهنده روشن بودن هواکش تعبیه شده در پشت دستگاه می باشد.



از کلید سمت راست جهت روشن و خاموش کردن این سیستم استفاده می شود.

**لزوم تنظیم دما:** دمای محیط الکتروریسی با توجه به تاثیر مستقیم در کشش سطحی محلول پلیمری، یکی از پارامترهای مهم در فرایند الکتروریسندگی می باشد که بخصوص در کارهای تحقیقاتی لازم است مورد توجه قرار گیرد. چنانچه تجربه پژوهشگران الکتروریسندگی نشان می دهد، فرایند تشکیل نانوالیاف در زمستان نسبت به فصول گرمتر سال به دلیل کاهش دمای محیط با مشکلات بیشتری مواجه است.

**تنظیم دما:** جهت تنظیم دمای داخل محفظه در مقدار دلخواه بایستی دکمه  فشار داده شود تا دمای مورد نظر به صورت چشمک زدن روی صفحه نمایش داده شود. در این حالت جهت کم یا زیاد کردن دمای دلخواه می توان از کلیدهای  استفاده نمود.



**تنظیم منوی ترموستات:** دکمه "\*" را فشار داده و به مدت 3 ثانیه نگه دارید. سپس پارامترهای مختلف را به صورت زیر تنظیم نمایید.

0.typ: Heat

1.d1f: 1

2.dly: 0

3.rst: 0

4.tsh: 45

5.tsl: 10

6.5a0: 1

7.ton: 1

8.tof: 3

9.aoc: 1

**توجه:** حداکثر دمای قابل تنظیم در 45 درجه سانتی گراد تنظیم شده است که البته امکان تنظیم مقادیر بالاتر نیز وجود دارد. ولی به علت امکان آسیب رساندن به بخش‌های الکترونیکی و منبع تامین اختلاف پتانسیل، توصیه می‌شود دماهای بالا مورد استفاده قرار نگیرد و حتی‌الامکان دستگاه در دمای زیر 45 درجه سانتی گراد تنظیم گردد.

**توضیح:** در این سیستم امکان تنظیم دمای داخل محفظه کمتر از دمای محیط وجود ندارد.

**هواکش:** با توجه به اینکه جهت تشکیل نانوالیاف لازم است در طی مسیر حرکت جت پلیمری از نوک نازل تا جمع‌کننده، بیشتر حلال پلیمر تبخیر گردد تا نمذ جامد نانوالیاف در روی جمع‌کننده تشکیل گردد، هر گونه عاملی که منجر به کم شدن فرآیند تبخیر گردد، می‌تواند باعث اختلال در تشکیل نانوالیاف شود. با توجه به بسته بودن محفظه، بعد از مدتی محیط داخل محفظه از حلال اشباع شده و فرایند تبخیر کندتر خواهد شد. جهت جلوگیری از این امر لازم است حلال داخل محفظه به نحوی خارج شود بدون اینکه دمای آن تحت تاثیر قرار گیرد؛ به همین منظور سیستم هواکش کوچکی در پشت دستگاه تعبیه شده است که بطور متوالی به مدت 1 دقیقه روشن و 3 دقیقه خاموش می‌شود تا ضمن خارج نمودن حلال، دمای داخل محفظه را کاهش ندهد.



**توضیح:** در صورتیکه لازم است در دمای محیط کار کنید، بجای خاموش کردن سیستم گرمایش که منجر به خاموش شدن فن نیز می‌شود، بهتر است دمای دلخواه در کمتر از دمای محیط تنظیم شود تا هواکش سیستم همواره فعال باشد.

#### 4-5- روشنایی داخل محفظه:

جهت روشن و خاموش نمودن چراغ داخل محفظه از این کلید استفاده نمایید.



## 4-6- سیستم تامین اختلاف پتانسیل:

تعداد 2 منبع ولتاژ بالا در این دستگاه تعبیه شده که از نوع مثبت و منفی 35 کیلوولت دارای نمایشگر ولتاژ بر حسب دهم کیلوولت است. با روشن شدن دستگاه الکتروریس منبع تامین اختلاف پتانسیل نیز روشن شده و در حالت آماده به کار (standby) قرار می‌گیرد. در این حالت چراغ LED آبی روشن خواهد شد.

**توجه:** قبل از روشن نمودن دستگاه الکتروریس، دقت نمایید منبع کلید تامین اختلاف پتانسیل در حالت Off باشد.

**تنظیم ولتاژ خروجی:** تنظیم کننده ولتاژ (ولوم 10 دور)، جهت افزایش یا کاهش ولتاژ در زیر ولت متر تعبیه شده است.

**روشن نمودن منبع تامین اختلاف پتانسیل:** پس از شروع به کار، سیستم منبع ولتاژ بالا را روشن نمایید. جهت ایمنی بیشتر سیستم پیشنهاد می‌شود قبل از روشن نمودن منبع ولتاژ بالا ولوم تنظیم ولتاژ را در ولتاژهای پایین قرار دهید و سپس آنرا تا ولتاژ مورد نظر زیاد نمایید. اینکار باعث خواهد شد هر گونه اتصال در سیستم در ولتاژهای پایین مشخص شده و رفع گردد. پس از روشن شدن منبع، LED قرمز روشن خواهد شد.

**کیلوولت متر:** این نمایشگر میزان ولتاژ خروجی منبع را بر حسب کیلوولت و با دقت دهم کیلوولت (100 ولت) نمایش می‌دهد.

**توضیح:** جهت ایمنی بیشتر کاربران، 3 سوئیچ روی دربهای دستگاه قرار گرفته است که باعث می‌شود در زمان باز بودن درها، ولتاژ بالا از منبع به کابل منتقل نشود. در صورتیکه منبع ولتاژ بالا را روشن نموده‌اید ولی کیلوولت متر، ولتاژ صفر را نمایش می‌دهد، بسته بودن درها را کنترل نمایید.



سوئیچ مغناطیسی جهت خاموش شدن خودکار دستگاه هنگام باز شدن درب دستگاه

## بخش کنترل ایمنی منبع ولتاژ بالا:

جهت بالا بردن ولتاژ منابع ولتاژ بالا بایستی این 2 چراغ که مربوط به نصب ارت مناسب و بسته بودن درها است، خاموش باشند.



## فصل 5- نگهداری

### 5-1- اقدامات ایمنی و نحوه نگهداری از سیستم:

- قبل از استفاده دستورالعمل سیستم را بطور کامل مطالعه نمایید.
- از باز نمودن دستگاه بدون هماهنگی با شرکت فناوران نانومقیاس اجتناب نمایید.
- از نزدیک کردن زیاد کالکتور به درام ریسنده به خصوص در ولتاژهای بالا اجتناب نمایید.
- از سیم برق ورودی مناسب برای سیستم استفاده نمایید.
- قبل از استفاده از سیستم، از اتصال مناسب ارت دستگاه مطمئن شوید.
- دستگاه را در محل و شرایط آب و هوایی مناسب (خشک، تمیز، مسطح) قرار دهید.
- جهت تهویه مناسب، از قرار دادن فن دستگاه چسبیده به دیوار یا سایر اشیاء اجتناب شود.
- جهت تمیز نمودن دستگاه از حلال‌هایی که موجب آسیب به بدنه و صفحه کلید دستگاه شوند استفاده نشود. استفاده از دترجنت ملایم جهت تمیز نمودن دستگاه پیشنهاد می‌گردد.

### 5-2- بررسی‌های قبل از روشن نمودن دستگاه الکتروریس

#### 5-2-1- بررسی سیستم اتصال به زمین (ارت)

با توجه به ولتاژ بالای لازم جهت تشکیل نانوالیاف پلیمری، لازم است دستگاه به نحو مطلوبی به سیستم ارت متصل شود. عدم اتصال مناسب ارت علاوه بر اینکه باعث خرابی سیستم‌های الکترونیکی دستگاه در چند ثانیه خواهد شد، می‌تواند خطرات جانی نیز به همراه داشته باشد.

با توجه به اهمیت اتصال مناسب ارت دستگاه، بایستی سیستم سیم کشی آزمایشگاه مجهز به سیستم ارت بوده و از پریزها و سیم‌های برق دارای ارت (سه سیمه) استفاده گردد. همچنین در کنار پریز برق پشت دستگاه پیچی تعبیه شده است که بایستی توسط یک سیم مناسب به سیستم لوله کشی آب آزمایشگاه (لوله‌های فلزی دارای آب) متصل گردد.

#### 5-2-2- بررسی اتصال کابل "ولتاژ بالا"

قبل از روشن نمودن دستگاه از اتصال درست سیم کابل منبع اختلاف پتانسیل به نازلها مطمئن شوید. اتصال کابل "های ولتاژ" به هر نقطه از دستگاه (غیر از نازلها) باعث انتقال ولتاژ بالا به سیستم الکترونیکی و خرابی آنها خواهد شد. ضمن اینکه می‌تواند باعث آسیب به منبع تامین اختلاف پتانسیل گردد.

#### 5-2-3- اطمینان از خاموش بودن منبع تامین اختلاف پتانسیل

با روشن نمودن دستگاه، برق وارد منبع تامین اختلاف پتانسیل خواهد شد. در صورتیکه منبع تامین اختلاف پتانسیل روشن باشد، با روشن شدن دستگاه، برق ولتاژ بالا نیز روشن شده و ولتاژ بالا به وان محلول منتقل خواهد شد. این مورد به دلیل عدم آمادگی کاربر می‌تواند خطر برق گرفتگی و صدمات وارده به دستگاه را افزایش دهد.

**توجه:** قبل از روشن نمودن دستگاه حتماً از خاموش بودن منبع تامین اختلاف پتانسیل مطمئن شوید.



## فصل 6- سفارش

### 6-1- تولید سفارشی

با توجه به این که تمامی قسمت های دستگاه، تولید شرکت فناوران نانو مقیاس است، این شرکت قابلیت تولید سفارشی دستگاه را داراست.

### 6-2- نحوه سفارش

جهت سفارش دستگاه های ساخت شرکت فناوران نانو مقیاس می توانید به یکی از روشهای زیر عمل نمایید

1- از طریق آدرس <http://panel.fnm.ir> می توانید محصولات شرکت فناوران نانو مقیاس را،

سفارش دهید

2- ارسال فاکس درخواست به شماره 021-66907531

3- مراجعه به آدرس شرکت

4- ارسال ایمیل به آدرس [info@fnm.ir](mailto:info@fnm.ir)