

## به نام آن‌که جان را فکرت آموخت



نشریه داخلی صنعت سیم و کابل  
انجمن صنفی کارفرمایان تولیدکنندگان سیم و کابل ایران  
شماره هفتادم - بهار ۱۳۹۷

طرح روی جلد: شهلا احمدیان

- ۲ ..... سخن سردبیر ➔ صاحب امتیاز: انجمن صنفی کارفرمایان تولیدکنندگان سیم و کابل ایران
- ۴ ..... ارتباط مقاومت تماسی بر طراحی هادی‌های تاییده - بخش اول ➔ مدیر مسئول: نسترن کسرائی  
محمدباقر پورعبداله
- ۹ ..... نقش گاز زدایی در کابل‌های قدرت با عایق پلی اتیلن کراس لینک ➔ سردبیر و مدیر اجرایی: حسین حق‌بیان  
بهرام شمس
- ۱۶ ..... شبکه FTTH، خلق یک آینده درخشان تر ➔ زیر نظر شورای نویسندگان: حسین حق‌بیان  
محمدعلی مساواتی، غلامرضا فلاح نژاد  
محمدعلی مساواتی
- ۲۰ ..... سه عامل مؤثر بر هزینه تولید ➔ حروفچینی و صفحه آرایی: شهلا احمدیان  
لیتوگرافی و چاپ: فارابی  
تلفن: ۸۸۸۰۸۲۳۹
- ۲۳ ..... بریده جراید ➔ نظارت فنی: سید جلال امینی
- ۲۴ ..... گزارش تصویری از: نمایشگاه سیم، کابل و لوله دوسلدورف ۲۰۱۸ ➔ نشانی انجمن: تهران، خیابان شریعتی، خیابان  
ارسباران (جلفا)، خیابان بلبل، خیابان عطاء...
- ۲۶ ..... برنامه‌ریزی تولید با استفاده از رویکرد آرمانی فازی و تئوری محدودیت‌ها در صنایع کابل‌سازی ➔ غربی، پلاک ۱۰، واحد یک  
کدپستی: ۱۵۴۱۹۳۶۹۱۴  
تلفن: ۷-۲۲۸۶۰۸۰۶ نمابر: ۲۲۸۶۲۴۱۳
- انتخاب برند برتر تولید کننده در صنعت سیم و کابل ایران در کنفرانس بین‌المللی آلومینیوم اردیبهشت ۱۳۹۷، هتل المپیک تهران ➔ - صنعت سیم و کابل در ویرایش و اصلاح  
غلامرضا فلاح نژاد
- استفاده از هادی‌های رابط عایق‌دار برای بهبود حفاظت تجهیزات الکتریکی ➔ مطالب آزاد است.
- نصب شده در فضای باز یا سقف منازل در برابر صاعقه ➔ - مسئولیت مطالب بر عهده نویسندگان است.
- امیدعلی شجاعی ➔ - استفاده از مطالب مجله با ذکر نام، شماره و تاریخ انتشار مجاز است.
- ۴۶ ..... اخبار انجمن ➔ [www.IWCMA.com](http://www.IWCMA.com)  
[info@iwcma.com](mailto:info@iwcma.com)

# سخن سردیر

سالیانی است که شروع سال و آغاز بهار با شعاری نامگذاری می‌شود. اگر به عقب برگردیم هر یک از این شعارها می‌توانست با اجرای دقیق و برنامه‌ریزی و نظارت همه جانبه مسئولین به نتایجی که حاصل آن رفع تنگناهای کشور، بالاخص در امور اقتصادی باشد بیانجامد، آیا چنین شد؟ وقتی صحبت از اقتصاد مقاومتی شد و متعاقب آن ستاد مربوطه تشکیل و برنامه‌ریزی و پیگیری مسایل در راستای آماده‌سازی دولت و مردم برای خودکفایی به مرحله اجرا درآمد تا اگر روزگاری مجدداً تحریم سخت‌تر از گذشته برکشور سایه افکند نه دولت و نه ملت آسیبی نبینند. آیا آسیب‌پذیر نیستیم؟ امسال سال حمایت از کالای ایرانی است که در این رابطه مسئولین برنامه‌هایی را برای تحقق این شعار در نظر گرفته‌اند.

ولی مهم‌ترین مسئله این است که کالای ایرانی چقدر جاذبه برای مصرف‌کنندگان دارد. آیا اذهان، گرایش برای خرید این کالاها دارند؟ باید کالایی در اختیار مصرف‌کننده قرار گیرد که دارای کیفیت و مطابق با استاندارد باشد که این امر متوجه تولیدکننده است.

لازم به ذکر است برای حمایت از تولید و تولیدکننده و اشتغال، بهتر است از ورود کالای خارجی ممانعت به عمل آید. چنانچه مواردی از قبیل ارزانی کالای عرضه شده، کیفیت، در نظر داشتن خواست و سلیقه مصرف‌کننده، مد نظر باشد مسلماً قابل رقابت با کالای خارجی خواهد بود و می‌تواند بازارهای صادراتی بیشتری را در منطقه و فرا منطقه‌ای ایجاد نماید.

پس چه بهتر مسئولان، تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان و فعالان اقتصادی و همه و همه با تعصب به دنبال حمایت از کالای ایرانی باشند.



# مقالات

## ارتباط مقاومت تماسی بر طراحی هادی‌های تابیده - بخش اول

نقش فشار گیره‌های دستگاه مقاومت بر مقدار اندازه‌گیری شده

ترجمه: مهندس محمدباقر پور عبدالله (کارشناس صنایع)

خلاصه مطلب: در هنگام فرآیند تولید، هادی‌های چند رشته‌ای در معرض نیروی فشاری و ممان چرخشی قرار می‌گیرند. توزیع جریان در هادی چند رشته‌ای یکنواخت نیست و توسط مقاومت عرضی کنترل می‌شود. این مقاومت اصولاً با مقاومت تماسی در محل اتصال رشته‌های تابیده و مقاومت تماسی بین رشته‌ها تعیین می‌شود. ویژگی‌های لایه سطحی و بخصوص ساختار بلوری و میزان اکسید شدن از جمله عوامل اصلی در تعیین مقاومت عرضی است. انجام آزمایش‌های تجربی این امکان را فراهم می‌سازد که ارتباط مقاومت تماسی را به عنوان تابعی از تنش‌های کاری پیوسته و طراحی کابل کشف نمود. مطالعه‌ای بر مبنای اندازه‌گیری و شبیه‌سازی عددی صورت گرفته است تا توابع مقاومت تماسی مشخص شوند.

کلمات کلیدی: هادی‌های تابیده، مقاومت تماسی، طراحی کابل، شبیه‌سازی کابل، اندازه‌گیری مقاومت تماسی

### ۱- مقدمه:

در مقوله افزایش قیمت فلزات، خصوصاً مس، که ماده اصلی به کار رفته در هادی‌های الکتریکی است، امروزه یکی از چالش‌های صنعت سیم و کابل کاهش مصرف مواد اولیه است. بنابراین میزان مصرف مس یا آلومینیوم (یا هر ماده رسانای دیگر) در تولید کابل‌ها باید مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد تا هدایت الکتریکی مطلوب تحت شرایط مورد نظر حاصل شود. این مقاله نتایج خاصی از کار انجام شده در ارتباط با بسط مدل المان‌های محدود برای مدل‌سازی سه بعدی و بهینه‌سازی طراحی هادی‌های چند رشته‌ای ارائه می‌کند. یکی از عوامل بازدارنده این مطالعه، نبود درک درست از سطح تماس بین سیم‌ها می‌باشد. در واقع این سطوح تماس بین سیم‌های کابل، یکی از مشکلات اساسی برای ساخت مدلی با ترکیب قوی مکانیکی و الکتریکی است.

خصوصیات عوامل تماس الکتریکی بین رشته‌های هادی در برابر تنش مکانیکی و موقعیت نسبی هر کدام از رشته‌ها اثر قابل توجهی بر توزیع خطوط جریان در کابل دارد. [۱ تا ۳]

این نوشتار به تشریح مقاومت تماس الکتریکی از طریق اندازه‌گیری‌های تجربی و شبیه‌سازی الکترومکانیکی بر پایه روش المان‌های محدود می‌پردازد. نقطه نظر نویسندگان این مقاله بر مطالعه تماس الکتریکی مس با مس بین دو هادی، تحت تأثیر نیروی فشاری، متمرکز شده

است. در این زمینه توجه خاصی به بررسی اثر نیروی تماسی و زاویه تقاطع بین سیم‌ها و همچنین شکل و سایز سطح تماس معطوف شده است.

در مرحله نخست وسیله اندازه‌گیری تجربی آماده‌سازی شد. ابتدا میز مخصوص اعمال فشار و وسیله اندازه‌گیری نیروی تماسی ساخته شد. این مجموعه همچنین به سامانه‌ای برای تنظیم زاویه تقاطع هادی‌ها مجهز گردید. اندازه‌گیری‌ها برای جریان‌های DC در نظر گرفته شد. مقاومت تماس الکتریکی برای بخش مربوط به بکارگیری روش چهار نقطه‌ای (روش کلونین) و به وسیله میکرو اهم متر اندازه‌گیری شد. قواعد اندازه‌گیری و شرایط آزمون تجربی نیز تعیین گردیدند.

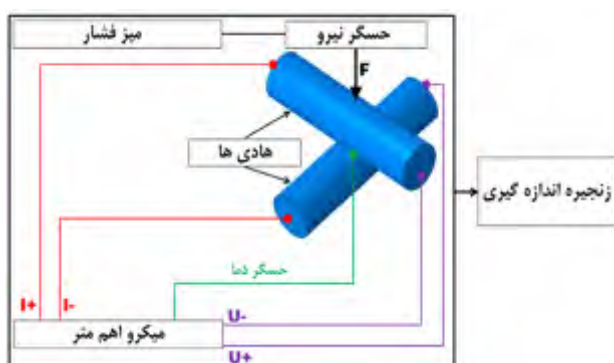
در مرحله دوم، نتایج ده‌ها آزمون به دست آمد. تجزیه و تحلیل این نتایج انجام شد تا اثر و میزان کمی ناشی از هر عامل مورد مطالعه بر چگونگی رفتار الکتریکی سطح تماس شامل مقاومت الکتریکی مربوط به آن به خوبی درک شود.

پس از هر اندازه‌گیری، نمونه زیر یک میکروسکوپ مورد بازرسی قرار می‌گرفت تا ابتدا در مورد شکل و سایز تصویر تحقیق شود و سپس ساختار داخلی هادی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

سیم‌های مس که نمونه‌های اندازه‌گیری از آن تهیه گردید با بکارگیری فرآیند موسوم به تغییر شکل سرد یا کار سرد ساخته می‌شد. فرآیند تابیدن رشته‌ها و فشرده‌سازی، عملیاتی پیچیده است که دو نایبایی



تعداد و سایز تماس الکتریکی به عوامل متعددی نظیر نیرو، شکل میکروسکوپی سطوح، تحلیل موضعی میکروسکوپی سطوح (زبری)، ویژگی‌های مکانیکی مواد (سختی، مدول یانگ) و شکل هندسی آن بستگی دارد. لازم است مقاومت الکتریکی سطح ایجاد شده بین دو هادی فلزی قرار گرفته در یک بستر زاویه‌ای را دقیق اندازه‌گیری کنیم که تحت نیروی فشاری فزاینده قرار گرفته است. مقاومت تماس الکتریکی بر اساس روش ۴ نقطه‌ای (روش کلون) اندازه‌گیری می‌شود. نمودار کلی اندازه‌گیری تجربی در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱. نمودار اندازه‌گیری تجربی

دو جزء به هم مرتبط شده‌اند: یک بخش مکانیکی که همچون یک ماشین فشاردهنده عمل می‌کند و بخش دیگری برای اندازه‌گیری‌های الکتریکی با بکارگیری روش کلون برای اندازه گرفتن مقاومت تماسی ناشی از آن، میز دارای یک صفحه چرخشی است تا امکان اندازه‌گیری مقاومت تماسی تحت زاویه متغیر بین سیم‌های متقاطع را فراهم سازد (شکل ۲ ب). در این وسیله امکان تنظیم زاویه‌های تقاطع متفاوت مربوط به طول تاب مطلوب هادی تابیده وجود دارد. مقاومت تماسی با بکارگیری روش ۴ نقطه‌ای صورت می‌گیرد: دو نقطه برای ورود جریان و دو نقطه برای اندازه‌گیری ولتاژ. برای این منظور یک میکرواهم متر حساس مدل OM22 استفاده شده است. در این وسیله امکان تصحیح دما و جمع‌آوری اتوماتیک داده‌ها وجود دارد.

انتقالی و چرخشی را به طور همزمان ترکیب می‌کند. از طریق این نابجایی‌های ترکیبی، سه نیروی مجزا بر روی سیم‌ها اعمال می‌شود: کشش، پیچش و فشار. برای مقایسه اندازه‌گیری و نتایج شبیه‌سازی، این فرآیند با بکارگیری برنامه [4] Abacus مدل‌سازی گردید که امکان شبیه‌سازی عملیات تابیدن رشته‌ها و فشرده‌سازی را فراهم می‌کند تا تغییر شکل‌های مکانیکی، تنش‌های پسماند، فشار تماسی بین رشته‌ها و کرنش پلاستیکی حاصل، محاسبه شود. این برنامه مناطق تماسی را مشخص و همچنین توزیع تنش را نیز محاسبه می‌کند.

در نتیجه خصوصیات اندازه‌گیری شده، مقاومت به عنوان تابعی از تنش، امکان ملاحظه مقاومت غیرهمگن مناطق تماسی میسر می‌شود. مقاومت غیرهمگن و در نظر گرفتن آن در مدل‌های محدود را از طریق تعیین یک استراتژی ترکیبی الکترومکانیکی می‌توان به کار گرفت. این موضوع ما را قادر خواهد ساخت تا به تجزیه و تحلیل دقیق‌تری از این پدیده‌های الکتریکی و اثر آنها بر مقاومت الکتریکی کل رشته هادی پردازیم.

در نهایت، تعیین مقاومت تماس الکتریکی و مقاومت ویژه مواد در ارتباط با تنش اعمال شده برای شبیه‌سازی کابل ۱+۶ رشته‌ای مورد نظر است. نتایج شبیه‌سازی برای نمونه‌های مختلف مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و با اندازه‌گیری‌های تجربی مقایسه گردیده‌اند تا مدل عددی راستی آزمایی شود.

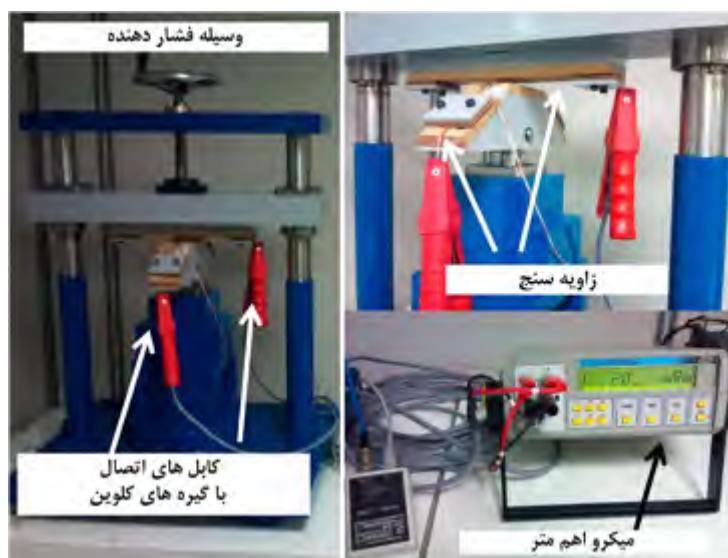
## ۲- بخش تجربی

### ۲-۱- روش اندازه‌گیری مقاومت تماسی

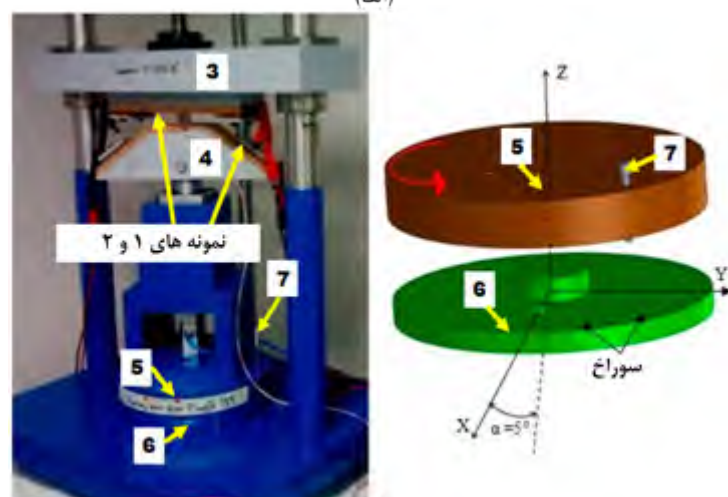
عوامل ناشناخته بسیاری برای بهینه‌سازی مقاومت تماس الکتریکی و فنون تجربی برای اندازه‌گیری مقاومت و وابستگی آن به پارامترهای متعدد نظیر دما، فشار و زاویه تماس وجود دارد [۵ تا ۹].

این دو سؤال اساسی مستلزم پاسخی است در ارتباط با مقدار مقاومت تماسی بین رشته‌های هادی چند رشته‌ای که در یک نیروی مشخص ایجاد شده توسط فرآیند تابیدن رشته‌ها یا در اثر اعمال فشار متعاقب آن، و راه‌هایی که باعث کاهش مقاومت تماسی از طریق در نظر گرفتن شکل، سایز و توزیع سطح تماس و مسیرهای عبور جریان می‌شود.

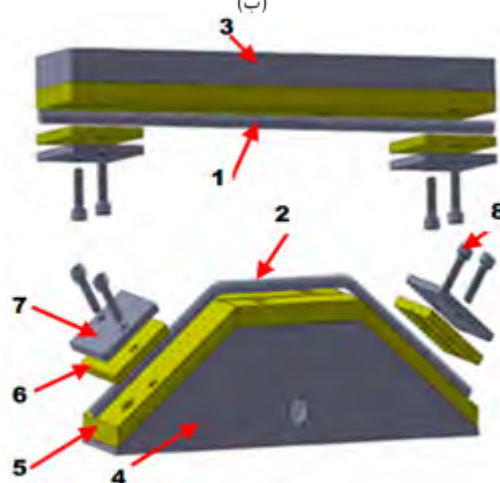
بکارگیری فرضیه تماس مکانیکی در تجزیه و تحلیل تماس الکتریکی ضرورت دارد. برای این منظور وسیله‌ای تجربی ساخته شد (میز آزمایش تجربی) و به این کار اختصاص یافت. این وسیله برای ارزیابی مقاومت تماس الکتریکی بین دو هادی تحت اعمال یک نیروی فشاری بر سطح تماس کابل‌ها بکار گرفته شد. سطح تماس بین دو هادی تک مفتولی به خاطر زبری اجتناب‌ناپذیر سطح و طول تاب شامل تعدادی بلوک‌های تماس مکانیکی است.



(الف)



(ب)



(ج)

شکل ۲ (الف). میز اندازه گیری / شکل ۲ (ب). دو صفحه که امکان تنظیم زاویه تقاطع را فراهم می سازد / شکل ۲ (ج). سامانه نصب سیم



گرفته شود و در نتیجه سطح تماس کاهش یابد و بنابراین مقاومت تماسی بیش از حد انتظار مشاهده شود.

## ۲-۲-۲-ارایه تجزیه و تحلیل نتایج

چندین سری از اندازه‌گیری‌ها انجام شده‌اند. اولین سری اندازه‌گیری اساساً برای تعیین اثر نیروی وارده بر مقاومت الکتریکی در مورد ترتیب قرارگیری مختلف سیم‌ها اختصاص یافت. میانگین قطر سیم‌ها  $2/06$  میلی‌متر است. سری دوم اندازه‌گیری برای تجمیع عوامل مختلف با یکدیگر انجام گرفت تا تأثیر آنها بر مقاومت تماس الکتریکی مشخص و درک شود.

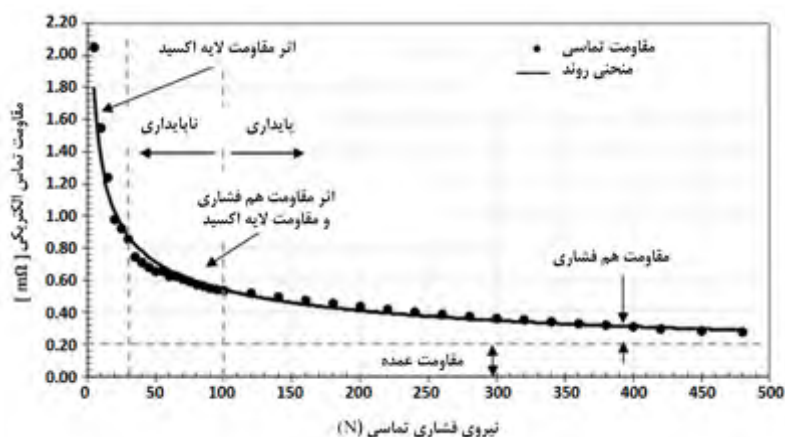
### ۲-۲-۱- اثر نیروی فشاری

این بخش اساساً مربوط به بررسی اثر نیروی فشاری بر مقاومت تماس الکتریکی است. اندازه‌گیری‌ها به طور پیوسته و در فاصله زمانی ۹ ثانیه‌ای بین هر اندازه‌گیری انجام گرفته است. تعداد آزمونه‌ها ۲۰۰ عدد است. تعداد نمونه‌ها برای اندازه‌گیری‌های آماری مربوطه در مورد هر زاویه تقاطع اهمیت دارد. ده آزمون نخست بر روی نمونه‌ها قرار گرفته به صورت عمود بر هم (زاویه تماس ۹۰ درجه) انجام شد. در پایان این آزمون‌ها، تغییر مقاومت تماسی به عنوان تابعی از نیرو تعیین گردید. (شکل ۳ را ببینید) این منحنی میانگین مقاومت تماسی برگرفته از ۱۰ آزمون را ارایه می‌کند. پس از هر اندازه‌گیری، هادی در زیر یک میکروسکوپ بازرسی شد. سائز تصویر هادی بررسی و سطح مقطع آن نیز محاسبه گردید. برای نیروی کمتر از ۳۰ نیوتن چیز قابل مشاهده‌ای وجود نداشت. از این موضوع چنین برمی‌آید که تغییر شکل از نوع الاستیک (برگشت‌پذیر) بوده است. برای نیروهای بیش از ۳۰ نیوتن نتایج قابل مشاهده بود و این به بدان معنی است که درگیر تغییر شکل پلاستیک (برگشت ناپذیر) می‌باشیم. می‌توان دریافت که در مورد نیروی فشاری تماسی کم (کمتر از ۳۰ نیوتن) با تغییر الاستیک سر و کار داریم و شارش جریان در سطح تماس توسط لایه اکسید کنترل می‌شود، بنابراین سطح تماس حاصل به شدت کوچک است. در حالی که از ۳۰ نیوتن تا ۱۰۰ نیوتن تغییر شکل پلاستیک پدید می‌آید و یک مقاومت هم‌فشاری در تعدادی از نقاط تماس ظاهر می‌گردد. در این ناحیه، می‌توان مشاهده کرد که مقاومت لایه اکسید و مقاومت هم‌فشاری به صورت همزمان وجود دارد [۱۳ و ۱۲].

سرانجام، پایداری مقاومت تماسی را می‌توان در نیروی فشاری بیش از  $100\text{ N}$  ملاحظه کرد (جدول ۱).

میز فشار دهنده در شکل ۲ نشان داده شده است؛ که در آن یک نیروی گیرشی استفاده می‌شود و ساخت آن با بهره‌گیری از برخی مقالات منتشر شده (۲ و ۵ و ۱۰) صورت گرفته است. فشار بر روی سیمها با چرخش دسته چرخ مانند، واقع در بالای وسیله همانگونه که در شکل ۲(ب) نشان داده شده است، اعمال می‌شود؛ همچنین اندازه‌گیری نیروی فشاری برای دو رشته متقاطع امکانپذیر می‌باشد. ترتیب اندازه‌گیری (محدوده نیرو از ۵/۰ نیوتن تا ۵۰۰ نیوتن) اندازه‌گیری‌های متعدد را بر روی یک نمونه خاص فراهم می‌سازد. در مورد این بررسی، ما ۲۰۰ نمونه برگرفته از کلاف مس تولید شده توسط شرکت Nexans در اختیار داشتیم که نمونه‌هایی به طول ۴۰ سانتی‌متر برای استفاده در میز آزمون را از آن بریدیم و سامانه نصب کردن سیم در شکل ۲ (ج) نشان داده شده است. هادی (۶) بر یک نگهدارنده عایقی (۲) جاگذاری می‌شود و توسط بلوک‌های فشارنده عایقی (۳ و ۴) در موقعیت خود قرار می‌گیرند. کل مجموعه با استفاده از دو پیچ (۵) به چهارچوب (۱) نصب می‌شود. لازم است هادی دارای شکل، همانند تصویر ۲ (ج) نشان داده شده باشد.

هرگاه تماس مکانیکی تحت نیروی فشاری معینی بین دو سیم مسی برقرار شود، یک جریان پالسی به دو سر مقابل دو رشته سیم اعمال می‌شود. این جریان به خاطر اختلاف پتانسیل برقرار شده بین دو سیم، از طریق سطح تماس از یک سیم به سیم دیگر شارش پیدا می‌کند. با افزایش فشار تماس خصوصیات ناحیه تماس تغییر می‌یابد. چندین منبع خطای سیستم اندازه‌گیری از جمله محیط اطراف می‌تواند بر دقت اندازه‌گیری‌های مقاومت کم، اثرگذار باشد. برای کاهش این خطاها، اندازه‌گیری‌های مقاومت در دمای محیط با روش کلون انجام می‌شود [۱۱]. مدار جریان و مدار ولتاژ از یکدیگر جدا می‌شوند تا مقاومت کابل‌های اتصال حذف شود. این آزمون‌ها با تصحیح دما با بکارگیری ترموکوپل حساس و دقیق صورت می‌گیرد. مجموعه‌ای از اندازه‌گیری‌ها مطابق نیروی وارد و زاویه تقاطع انجام می‌شوند. محدوده نیروی تماس از ۵ تا ۵۰۰ نیوتن تنظیم می‌شود و تغییرات زاویه تماس از صفر درجه تا ۹۰ درجه تحت یک جریان پالسی ۱۰ آمپری با فاصله زمانی ۵/۰ ثانیه می‌باشد. بکارگیری یک جریان پالسی به خاطر کاهش گرمایش ژولی در واسطه‌های تماسی است. نیروی تماس با استفاده از حسگر اندازه‌گیری کشش و فشار S شکل نوع SM5424 صورت می‌گیرد که به یک مبدل داده‌گیری SMI8USB2 متصل است. برخی از عوامل مربوط به شرایط اندازه‌گیری ممکن است یکی از منابع خطای اندازه‌گیری باشند. یکی از چنین موارد هنگامی رخ می‌دهد که زاویه بین هادی‌ها صفر درجه باشد، چون به سادگی ممکن است مقدار کم، از هم‌راستا نبودن یکی از محورها با دیگری نادیده



شکل ۳. مقاومت تماس الکتریکی به عنوان تابعی از نیروی فشاری (زاویه تماس ۹۰ درجه) برای مس (جریان اندازه‌گیری ۱۰ آمپر، افت ولتاژ نامی ۲۰ میلی ولت، قطر سیم‌ها ۲/۰۶ میلی‌متر، زاویه تماس ۹۰ درجه)

جدول ۱. اندازه‌گیری مقاومت تماس الکتریکی ( $m\Omega$ ) به عنوان تابعی از نیروی اعمال شده (N) و ابعاد سطح تماس (میلی‌متر مربع) که این اندازه‌گیری‌ها در زاویه‌های تقاطع ۹۰، ۶۰ و ۴۵ درجه برای سیم به قطر ۱/۸ میلی‌متر انجام شده است.

| مقاومت تماسی ( $m\Omega$ ) | سطح تماس $^2$ (mm) | میانگین نیروی اندازه‌گیری شده (N) | زاویه تقاطع |
|----------------------------|--------------------|-----------------------------------|-------------|
| ۳/۸۷۸                      | —                  | ۵۰/۵۸                             | ۹۰ درجه     |
| ۲/۳۲۸                      | ۰/۲۲۱              | ۱۰۱/۵۰                            |             |
| ۱/۵۰۰                      | ۰/۴۷۸              | ۲۰۲/۱۴                            |             |
| ۰/۹۸۴                      | ۰/۷۲۴              | ۳۰۰/۷۵                            |             |
| ۰/۷۸۵                      | ۱/۰۲۱              | ۴۰۱/۳۷                            |             |
| ۰/۶۸۴                      | ۱/۲۸۷              | ۴۸۱/۱۲                            |             |
| ۲/۸۵۴                      | //                 | ۵۰/۵۸                             | ۶۰ درجه     |
| ۱/۷۰۳                      | ۱/۰۲۷              | ۱۰۱/۵۰                            |             |
| ۰/۹۴۵                      | ۱/۹۷۹              | ۲۰۲/۱۴                            |             |
| ۰/۶۸۸                      | ۲/۸۵۹              | ۳۰۰/۷۵                            |             |
| ۰/۴۷۹                      | ۴/۱۳۴              | ۴۰۱/۳۷                            |             |
| ۰/۴۱۳                      | ۴/۹۷۱              | ۴۸۱/۱۲                            |             |
| ۲/۲۴۲                      | //                 | ۵۰/۵۸                             | ۴۵ درجه     |
| ۱/۵۸۷                      | ۰/۸۶۵              | ۱۰۱/۵۰                            |             |
| ۰/۸۱۴                      | ۲/۰۰۹              | ۲۰۲/۱۴                            |             |
| ۰/۵۶۱                      | ۳/۳۱۸              | ۳۰۰/۷۵                            |             |
| ۰/۳۰۹                      | ۴/۳۶۶              | ۴۰۱/۳۷                            |             |
| ۰/۲۷۶                      | ۵/۷۷۰              | ۴۸۱/۱۲                            |             |



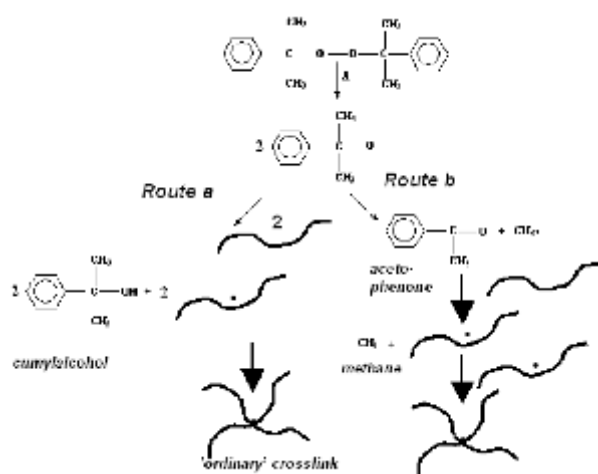
## نقش گاز زدایی<sup>۱</sup> در کابل‌های قدرت با عایق پلی اتیلن کراس لینک<sup>۲</sup>

ترجمه: مهندس بهرام شمس (کارشناس مهندسی برق - قدرت)

بنابراین وقتی در این مقاله از اصطلاح گاززدایی استفاده می‌شود، اشاره به کاهش و خارج کردن مجدد تمامی محصولات فرعی (چه به صورت گاز و چه به صورت جامد) حاصل از فرآیند کراس لینک، از عایق است. با استفاده از مواد XLPE، دمای کار کابل به ۹۰ درجه سانتیگراد و دمای اتصال کوتاه به ۲۵۰ درجه سانتیگراد افزایش پیدا می‌کند.

پلیمرهای که در آمیزه (کامپوند) XLPE به عنوان عایق کابل‌های فشار متوسط تا فوق فشار قوی، استفاده می‌شوند، توسط راکتورهای لوله‌ای که دارای فشار بسیار بالایی هستند، تولید می‌شوند. تکنولوژی و کارایی این راکتورها برای مدتهای طولانی مورد آزمایش قرار گرفته‌اند تا بتوان یک تعادل بهینه در خواص مکانیکی، فیزیکی و الکتریکی و همچنین شرایط اکستروژن کردن و خواص کراس لینک شدن مواد، ایجاد کنند.

کراس لینک کردن پلی‌اتیلن سبک (LDPE)، با استفاده از "دی کیومیل پراکساید" یا DCP<sup>۳</sup>، اولین بار در سال ۱۹۵۵ توسط گیلبرت<sup>۴</sup> و پریکوپو<sup>۵</sup>، در آزمایشگاه تحقیقاتی GE، در نیسکاپونا<sup>۶</sup> صورت گرفت. اساس و مکانیزم یکی از راه‌های کراس لینک کردن پلی‌اتیلن، در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱. شروع کراس لینک شدن پلی‌اتیلن با پراکساید

امروزه کابل‌های انتقال زیرزمینی<sup>۳</sup> جهت تغذیه سیستم‌های انتقال انرژی، به عنوان یکی از منابع معتبر و باصرفه و با هزینه بسیار پایین شناخته شده‌اند. با توجه به اینکه کاربرد و نصب کابل‌های فشار قوی و فوق فشار قوی<sup>۴</sup> زیرزمینی به طور وسیعی در شبکه‌های انتقال؛ رو به افزایش است، لذا این موضوع، سیستم‌های انتقال را با چالش عمده‌ای مواجه کرده است.

برای مثال، با توجه به زیرساختهایی که امروزه در تولید این کابل‌ها مشاهده می‌شود، دستیابی به منابع تولید کابل‌های با کیفیت بسیار بالا، یکی از چالش‌های مهم به شمار می‌آید. آنالیز و تجزیه و تحلیل‌ها نشان می‌دهند که امروزه عملاً این امکان وجود دارد که اثرات ناشی از تمامی محدودیت‌هایی را که در ساخت و تولید کابل، با آن مواجه هستند را کاهش داده و سطح کیفی آنها را ارتقاء داد. در تولید کابل‌های با بالاترین سطح ولتاژ، زمان واکنش مواد عایقی و کیفیت خروجی آن، اغلب توسط روش‌های حذف محصول فرعی<sup>۵</sup> یا گاززدایی، تعیین می‌شود. با توجه به اینکه بیشتر روش‌های مورد استفاده جهت گاززدایی یا حذف محصول فرعی بسیار مناسب و قابل اطمینان هستند، لذا تولیدکنندگان را قادر می‌سازد که حجم بالایی از کابل‌های مورد تقاضا را، بدون نیاز به افزایش سرمایه ثابت، تولید نمایند. با این حال، تغییرات در پروسه تولید و اطمینان از محصول نهایی، نیاز دارد که مشکل گاززدایی و راه‌حل‌های بالقوه و بالفعل آن به طور کامل، درک شود.

این مقاله به بررسی طیف وسیعی از عوامل و عناصر مهم و بحرانی که در حل مشکل گاززدایی می‌توانند مؤثر باشند، از علم شیمی پایه گرفته تا روش‌ها و تکنیک‌های اندازه‌گیری و محاسباتی که امروزه استفاده می‌شوند، می‌پردازد. به هر حال قبل از شروع بحث بهتر است اصطلاحات و واژه‌های فنی، شفاف‌سازی شوند. فرآیندی که به موجب آن، محصولات فرعی حاصل از واکنش کراس لینک شدن، برداشته می‌شوند، "گاززدایی" نامیده می‌شود. اگر چه بی‌تردید؛ گازهای محصولات فرعی (اصولاً گاز متان) در خلال این روش، برداشته و حذف می‌شوند ولی این فرآیند به تنهایی مؤثر نمی‌باشد. در مدتی که فرآیند کراس لینک شدن انجام می‌شود سطح محصولات فرعی جامد/مومی شکل (مانند استوفنون<sup>۶</sup> و الکل کیومیل<sup>۷</sup>) و تمامی محصولات فرعی که ممکن است مجدداً منتشر و توزیع شوند، کاهش می‌یابد.

مشخصات پلی اتیلن که به طور معمول، قابلیت کراس لینک شدن را دارد، در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱. مشخصات مواد مورد بحث

| نوع آمیزه          | کاربرد    | مشخصات مواد                                                 |                               |
|--------------------|-----------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------|
|                    |           | گشتاور نوعی <sup>۱۳</sup> در زمان کراس لینک شدن (نیوتن متر) | گرماسختی نوعی <sup>۱۲</sup> % |
| LDPE پلی اتیلن سبک | EHV تا MV | ۰/۶۲-۰/۶۷                                                   | ۵۰ - ۶۰                       |

محصولات فرعی در داخل ساختار عایق وجود خواهند داشت، لذا اگر تحت فشارهای بالا قرار نگیرند (که عایق XLPE معمولاً از طرف گاز نیتروژن داغ، در داخل لوله ولکانیزه، تحت فشار قرار می گیرد)، در درون عایق مذاب، به شکل حباب ظاهر شده که منجر به تخلیه جزیی<sup>۱۹</sup> و نهایتاً شکست الکتریکی عایق، می شود. جدول ۲، خواص نوعی مربوط به مهم ترین محصولات فرعی را نشان می دهد.

در شکل ۱ می توان چند نکته مهم را در رابطه با پراکساید مشاهده کرد: اولاً پراکساید باعث می شود که حداکثر کراس لینک شیمیایی در ساختار شبکه ای پلی اتیلن ایجاد شود. ثانیاً هرگونه تجزیه مولکولی پراکساید، صرف نظر از اینکه باعث کراس لینک بشود یا خیر، حداقل دو نوع محصول فرعی در پی خواهد داشت. با توجه به اینکه این

جدول ۲. خواص و غلظت محصولات فرعی مختلف حاصل از پلی اتیلن کراس لینک

| کابل XLPE                   |                             | درجه معرف یا واکنش گر شیمیایی <sup>۱۴</sup>                            |                                  |                           |                           | مؤلفه ها      |
|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------|
| نسبت حجمی محصول فرعی (%Vol) | نسبت وزنی محصول فرعی (% Wt) | هدایت الکتریکی <sup>۱۸</sup> @ 80°C Ω <sup>-1</sup> . Cm <sup>-1</sup> | نفوذپذیری الکتریکی <sup>۱۷</sup> | نقطه ذوب <sup>۱۶</sup> C° | نقطه جوش <sup>۱۵</sup> C° |               |
| ۰/۰۸۴                       | ۰/۰۸                        | -                                                                      | -                                | -                         | - ۱۶۲                     | متان          |
| ۰/۴۴                        | ۰/۶                         | ۵ × ۱۰ <sup>-۹</sup>                                                   | ۱۷                               | ۱۹ - ۲۰                   | ۲۰۲                       | استوفنون      |
| ۰/۸۴                        | ۱/۲                         | ۱ × ۱۰ <sup>-۱۰</sup>                                                  | ۸                                | ۲۸ - ۳۲                   | ۲۱۵ - ۲۲۰                 | الکل کیومیل   |
| -                           | ۰/۰۸                        | -                                                                      | ۸۰                               | ۰                         | ۱۰۰                       | آب            |
| ۹۸/۶                        | ۹۸/۱                        | ۱ × ۱۰ <sup>-۹</sup> >                                                 | ۲/۳                              | ۸۰ - ۱۰۵                  | -                         | پلی اتیلن سبک |



داده‌های دیاگرام نسبت به عدد ۱۰۰ و در نقطه میانی عایق در کابلی با ولتاژ فشار قوی، مرتب شده است. بخشی از این ویژگی‌ها که در شکل ۲، بطور واضح نمایش داده شده‌اند به شرح زیر است:

- قبل از شروع به گاززدایی، مقداری از محصولات فرعی، از سطوح داخلی و خارجی عایق، به سمت هادی و یا به سمت لوله CV، از عایق خارج می‌شود.

میزان محصولات فرعی که عایق از سطوح داخلی و خارجی خود، از دست می‌دهد یکسان نمی‌باشد. به طور کلی، بیشترین مقدار از محصولات فرعی که عایق از دست می‌دهد، از طریق سطح خارجی آن است.

میزان محصولات فرعی، ذاتاً متفاوتند، از روی شکل ۱ می‌توان غلظت و تمرکز آنها را در کابل‌ها با سطح ولتاژهای مختلف و در نقطه میانی عایق آنها مشاهده کرد. (حتی وقتی که مواد عایقی استفاده شده در این کابلها از یک نوع باشد).

این موضوع، دو علت اصلی دارد، اول اینکه کراس‌لینک شدن در کابل‌های فشار متوسط و فشار قوی، در قسمت‌های مختلف لوله ولکانیزاسیون تکمیل می‌شود، (به طور مثال، کراس‌لینک شدن عایق کابل‌های فشار متوسط، در ۴۵ درصد از طول لوله انجام می‌شود و برای کابل‌های فشارقوی در ۶۰ درصد از طول لوله). دوم اینکه نمودارهای زمان / دما که با آزمایش بر روی عایق‌ها، بدست آمده‌اند، متفاوت بوده و با توجه به نسبت‌های ترکیبی مختلف، برای انجام واکنش کراس‌لینک، به یکی از راه‌های نشان داده شده در شکل ۱، منتهی می‌شوند. محصولات فرعی بر روی کارایی کابل‌ها و لوازم جانبی آنها تأثیر می‌گذارند. مواردی که به تأثیرگذاری محصولات فرعی مربوط می‌شوند در زیر آمده‌اند:

**تأثیرات مکانیکی محصولات فرعی:** اگر چه گاز متان می‌تواند در هنگام بهره‌برداری، به مرور از عایق خارج شود، اما به دلیل رعایت مسایل ایمنی و بهداشتی، باید قبل از نصب، این گاز، از عایق خارج گردد زیرا متان، گازی است قابل اشتعال و در هنگام نصب و سرکابل زدن می‌تواند بسیار خطرناک باشد.

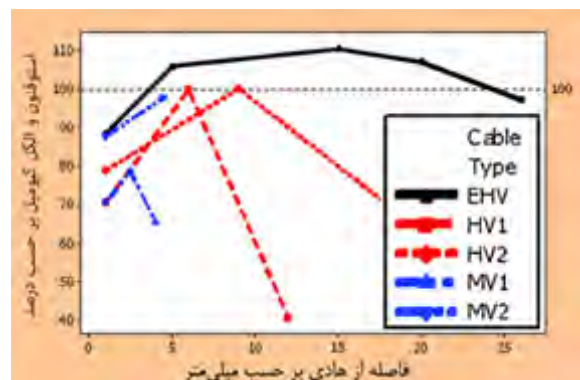
کابل‌های فشار قوی و فوق فشار قوی که دارای غلاف فلزی هستند، گازها تحت فشار قرار می‌گیرند و خروج آنها به صورت عرضی با مشکل مواجه خواهد شد اما می‌توانند در امتداد طول کابل، به سمت تجهیزات جانبی مانند ترمینال‌ها و اتصالات در ابتدا و انتهای کابل، حرکت کنند. در این ناحیه با توجه به حرکت گازها، متعلقات و تجهیزات جانبی تحت فشارهای اضافی قرار می‌گیرند. اما از آنجا که تجهیزات نصب و اتصال کابل‌ها دارای خاصیت کشسانی<sup>۲۱</sup> هستند لذا می‌توانند فشارهای مکانیکی بالایی را در محل اتصال به عایق، تحمل کنند و در نتیجه از بروز تخلیه جزیی جلوگیری می‌کنند.

مقدار دقیق محصولات فرعی بستگی به نسبت‌های دقیق مسیره‌های a و b نشان داده شده در شکل ۱ دارد. و به تبع آن بستگی به پراکساید در هنگام تجزیه شدن دارد. بنابراین، نمودار دقیق دما / زمان، مربوط به آزمایشات انجام شده بر روی عایق، بسیار مهم و حیاتی است.

## گاززدایی کابل‌های XLPE :

هنگامیکه عایق XLPE، در داخل لوله ولکانیزاسیون پیوسته<sup>۱۹</sup> شروع به کراس شدن می‌کند، به دلیل فشارهای اعمال شده به عایق، می‌توان اطمینان حاصل کرد که محصولات فرعی، هیچگونه حفره‌ای در داخل عایق ایجاد نخواهند کرد. این فشار، تا زمان سرد شدن عایق، در داخل لوله وجود دارد. وقتی عمل کراس‌لینک شدن کامل شود، میزان محصولات فرعی در سراسر عایق، تقریباً ثابت خواهد شد، که این خود ناشی از توزیع یکنواخت پراکساید در زمان اکستروژن عایق می‌باشد.

همانگونه که محصولات فرعی پس از تکمیل عمل کراس‌لینک، شروع به خارج شدن از داخل عایق می‌کند، پراکندگی و توزیع پراکساید هم تغییر می‌کند. این فرآیند، در قسمت داغ لوله ولکانیزاسیون، یا لوله CV، شروع می‌شود اما بیشترین میزان تجزیه و تلفات محصولات فرعی در خارج از لوله CV صورت می‌گیرد. در نتیجه تمامی کابل‌هایی که با استفاده از مواد پراکساید آلی<sup>۲۰</sup>، کراس می‌شوند بعضی از این محصولات فرعی تجزیه شده را در ساختار خود نگه می‌دارند. توزیع دقیق و معین محصولات فرعی و همچنین مقدار آنها، بستگی به نوع کابل، تکنولوژی تولید و شرایط فرآیندسازی دارد. در شکل ۲، توزیع و پراکندگی محصولات فرعی را در سرتاسر عایق کابل‌هایی که با مواد یکسان اما در سطوح ولتاژ متفاوت تولید شده‌اند را نشان می‌دهد.



شکل ۲. دیاگرام توزیع محصولات فرعی در کابل‌های تولید شده با استفاده از یک نوع مواد عایقی

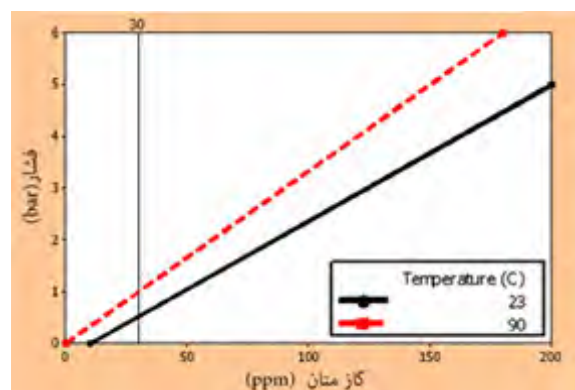
مواد نیمه هادی نیز تأثیرگذار هستند (جدول ۳) بطوریکه می‌توانند مقاومت الکتریکی آنها را افزایش دهند. از آنجا که خود مواد نیمه هادی قابل کراس لینک شدن هستند، محصولات فرعی مخصوص به خود را خواهند داشت، اما چون بر روی عایق اکستروژده شده‌اند و همچنین بالاترین دما را تحمل می‌کنند لذا محصولات فرعی حاصل از آن خیلی سریع در فرآیند تولید و در لوله ولکانیزاسیون، خارج شده و گاززدایی می‌شود. در این حالت، عمل گاززدایی از عایق، که بعد از فرآیند تولید و خارج از لوله ولکانیزاسیون صورت می‌گیرد، ممکن است دوباره باعث ایجاد محصولات فرعی شود و احتمال دارد که مجدداً وارد ساختار عایق شوند.

### جدول ۳. اثر سطوح بالایی از اشباع محصولات فرعی روی خواص تلفات عایقی ( $\tan \delta$ ) و مقاومت ویژه هادی

| مقاومت ویژه هادی<br>$\Omega \cdot m$ | تلفات عایقی $10^{-4}$ |                                                                                    |
|--------------------------------------|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| ۰/۱                                  | ۳/۵                   | مقدار اولیه                                                                        |
|                                      | ۱۴۱                   | محصول فرعی اشباع، با ۲/۳٪ وزنی استوفنون (تقریباً چهار برابر بیشتر از مقدار واقعی)  |
| ۱۰                                   | ۲۹۹                   | محصول فرعی اشباع، با ۲/۳٪ وزنی الکل کیومیل (تقریباً دو برابر بیشتر از مقدار واقعی) |

در جدول ۳، اثرات قابل ملاحظه محصولات فرعی بر روی خواص دی‌الکتریک عایق را در وقتیکه این محصولات مجدداً به شبکه عایقی وارد می‌شوند را می‌توان مشاهده کرد. البته میزان غلظت واقعی در عمل، خیلی بیشتر از آن چیزی است که مشاهده می‌شود. اگر میزان آب افزایش یابد، درجه رسانایی محصولات فرعی به عنوان یک واکنش گر، خیلی بیشتر می‌شود و در نتیجه کارایی کابل ممکن است خیلی غیرعادی شود، علاوه محل و موقعیت محصولات فرعی در پلیمر، اثر قابل ملاحظه‌ای در شرایط دی‌الکتریک خواهد داشت. با اولین بررسی‌های انجام شده بر روی جدول ۲ می‌توان مشاهده کرد که مؤلفه آب به دلیل قابلیت نفوذ<sup>۲۵</sup> بسیار بالا، بیشترین اثر را روی خاصیت دی‌الکتریک خواهد داشت.

فشار گاز باعث می‌شود که مؤلفه‌های کابل تحت فشار قرار گیرند و به احتمال زیاد منجر به تخلیه جزیی شده و در بدترین حالت منجر به شکست عایق می‌گردد. شکل ۳ ارتباط بین گاز متان باقیمانده در کابل را با فشاری که ممکن است در دماهای مختلف اعمال نماید را نشان می‌دهد. تجربه نشان داده است که گاز با فشار یک بار<sup>۲۶</sup>، در حد قابل قبولی می‌باشد. به هر حال در این حالت بایستی کابل، تحت عملیات حرارتی قرار گیرد تا حجم گاز متان در درون عایق و در محل اتصالات، به کمتر از (30-50 ppm<sup>۲۳</sup>) کاهش یابد.



شکل ۳. اثر فشار گاز باقیمانده بر روی متعلقات و تجهیزات جانبی

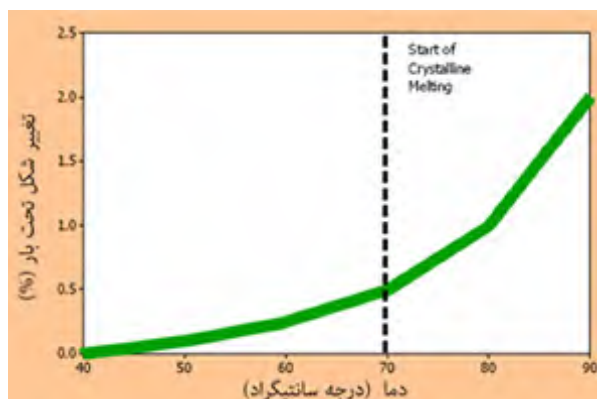
گزارشات ارسالی از طرف نصب‌کنندگان کابل، حاکی از آن هستند که غلاف‌های فلزی که از استحکام بالایی برخوردارند و ضخیم می‌باشند، مانع از خروج گازهای آزاد شده می‌باشند. در این حالت، فشار گازهای موجود ممکن است باعث تغییر شکل روکش گردد بنابراین، عملیات گاززدایی از اهمیت بالایی برخوردار است. علاوه بر گاززدایی، می‌توان جهت بالا بردن استحکام روکش، از مواد پلی‌اتیلن سنگین (HDPE) با سختی Shore D > 59 استفاده کرد.

### تأثیر محصولات فرعی بر روی خواص عایقی (دی‌الکتریک):

محصولات فرعی مانند الکل کیومیل، آب و استوفنون به طور طبیعی، قطبی هستند به این معنی که می‌توانند باعث تغییر و اصلاح خواص عایقی یا رسانایی مواد شوند. میزان این تغییرات بستگی به غلظت و خواص عایقی مواد دارد. اثر محصول فرعی، اغلب بر روی مواد عایقی مورد بررسی قرار می‌گیرد، اما بر روی



که این عمل چندان مؤثر نمی‌باشد. دمای مناسب برای گاززدایی در محدوده ۵۰ تا ۸۰ درجه سانتیگراد می‌باشد اما دمای ترجیحی بین ۶۰ تا ۷۰ درجه است. هنگام گاززدایی، بویژه در دماهای بالا باید مواظب بود که به کابل صدمه‌ای وارد نشود زیرا باعث تغییر شکل بیش از حد کابل می‌گردد (باعث دوپهنی، تخت شدن، تخریب لایه‌های بیرونی و ...). دمای نرم شدن عایق و انبساط حرارتی آن در شکل ۴ نشان داده شده است. این تغییر شکل ممکن است در هنگام انجام آزمون الکتریکی؛ به طور مستقیم منجر به شکست عایقی گردد، در واقع نه تنها شرایطی که از گاززدایی انتظار می‌رود بدست نمی‌آید، بلکه باعث هدر رفتن انرژی گرمایشی و زمان بکار رفته جهت گاززدایی شده و در آخر هم منتهی به تخریب عایق می‌شود، پس بسیار مهم است که دمای گاززدایی را تا حد ممکن کاهش داد حتی وقتی که ضخامت عایق زیاد می‌شود.



شکل ۴. اثر دما بر روی انبساط و نرم شدن عایق XLPE (کابل‌های فشار متوسط تا فوق فشار قوی)

#### اندازه‌گیری محصولات فرعی در XLPE:

یکی از سخت‌ترین و مهم‌ترین مراحل، جهت آگاهی از عملیات گاززدایی، اندازه‌گیری وضعیت اولیه کابل‌ها و چگونگی پیشرفت گاززدایی نسبت به زمان است. پیشرفت گاززدایی را به راحتی می‌توان با استفاده از روشهای طیفسنجی تبدیل فوریه مادون قرمز<sup>۳۳</sup> یا FTIR، کروماتوگرافی مایعات با فشار بالا<sup>۳۳</sup> یا HPLC و یا کروماتوگرافی گازی - طیفسنج جرمی<sup>۳۴</sup> یا GCMS، تعیین نمود. تجزیه تحلیل‌های زیادی که بر روی کابل‌های مختلف انجام شده نشان می‌دهند که:

- تلف جرمی کابل، کاربردی‌ترین و ساده‌ترین راه برای تعیین میزان محصولات فرعی در عایق XLPE می‌باشد.

#### اثر محصولات فرعی بر روی آزمون‌های الکتریکی و کارایی کابل:

محصولات فرعی کراس‌لینک، به طور طبیعی قطبی هستند و بنابراین خواص عایقی XLPE را تحت تأثیر قرار می‌دهند، با بالا بردن تدریجی ولتاژی که به کابل اعمال می‌شود مشاهده می‌شود که وجود محصولات فرعی، باعث شروع درخت الکتریکی<sup>۲۶</sup> در عایق می‌شود که در نتیجه منجر به تخلیه جزیی می‌گردد. اطلاعات حاصل از آزمون‌ها نشان می‌دهند که عایق‌ها پس از حدود ۷۲ ساعت به پایداری می‌رسند. ولتاژ شروع درخت الکتریکی تقریباً بین ۱۰ تا ۱۴ کیلوولت می‌باشد. مطالعاتی که بر روی نتایج حاصل از آزمون‌های ولتاژ و ضربه<sup>۳۷</sup> صورت گرفته، حاکی از آن است که هر چه محصولات فرعی افزایش یابند ولتاژ شکست کاهش می‌یابد، به این ترتیب، در کابل‌هایی که گاززدایی نشده‌اند نمی‌توان مشخص نمود که درخت الکتریکی در چه ولتاژی شروع می‌شود.

#### فرآیند گاززدایی:

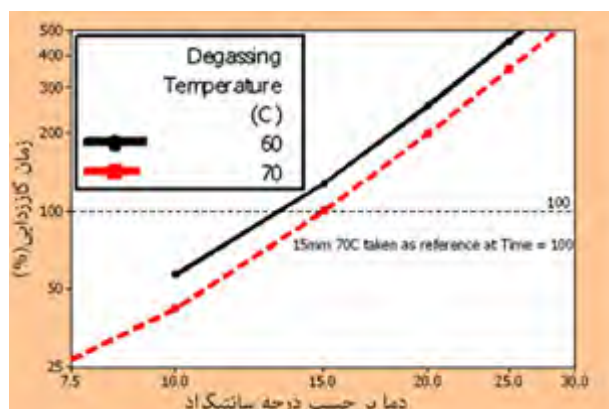
برای اطمینان از اینکه کابل‌ها خواص عایقی خود را حفظ کرده و دارای عایقی یکنواخت و عاری از هرگونه حفره‌های حاوی گاز هستند لازم است که تولیدکنندگان تضمین نمایند که گاززدایی، به طور کامل در فرآیند تولید انجام شده است (بعضی مواقع به جای کلمه گاززدایی از کلمات تبخیر<sup>۳۸</sup> و یا بهبود سازی<sup>۳۹</sup> استفاده می‌شود)، بطوریکه مصرف‌کنندگان مطمئن شوند، تمامی آزمون‌ها انجام شده و تمام پارامترهای الکتریکی کابل اندازه‌گیری شده‌اند و عایق خواص واقعی خود را داراست. افزایش ضخامت عایق و همچنین بالا بودن نقطه جوش محصولات فرعی ایجاب می‌کند که فرآیند گاززدایی حتماً باید با عملیات حرارتی تکمیل گردد. انجام عملیات حرارتی باید قبل از استفاده از لایه‌های فلزی (مثل شیلد) صورت گیرد زیرا وجود غلاف یا لایه فلزی، سرعت گاززدایی به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد. لذا باید در طراحی و فرآیند تولید کابل، به مسأله گاززدایی، توجه زیادی شده و تمهیدات لازم در نظر گرفته شود. جالب توجه است که در استاندارد ICEA به اهمیت گاززدایی اشاره شده است.

عملیات گاززدایی باید در اتاق‌ها یا محفظه‌هایی موسوم به "اتاق گاززدایی"<sup>۴۰</sup> انجام شود. این اتاق‌ها نه تنها فضای زیادی را اشغال می‌کنند بلکه برای گرم کردن آنها به انرژی بسیار زیادی نیاز می‌باشد. جهت جلوگیری از جمع شدن گازهای قابل اشتعال متان و اتان، لازم است این اتاق‌ها مجهز به سیستم تهویه مناسبی باشند. برای آنکه دمای اتاق گاززدایی سریع‌تر به دمای مورد نظر برسد، می‌توان از هادی گرمایی<sup>۴۱</sup> استفاده کرد، البته تجربه نشان داده است

• روش HPLC، به طور انحصاری، بهترین و مناسب‌ترین روش برای تعیین سطح محصولات فرعی جامد می‌باشد.

### زمانها و درجه حرارت‌های گاززدایی:

همانگونه که قبلاً بیان شد برای حصول اطمینان از ثبات خواص الکتریکی و اثربخشی روشهای آزمون، فرآیند گاززدایی از اهمیت بالایی برخوردار است. بنابراین از آنجا که زمان گاززدایی در دمای محیط بسیار طولانی می‌باشد لذا برای دستیابی به زمان مناسب جهت گاززدایی کامل و دقیق، استفاده از عملیات حرارتی با دمای بالا به عنوان یک اصل اساسی، الزامی می‌باشد. تعیین دقیق زمان و دمای گاززدایی، بستگی به جزئیات طراحی کابل دارد. شکل ۵ دلیل واقعی ارتباط بین طراحی کابل (به‌ویژه ضخامت عایق) و زمان و دمای گاززدایی را نشان می‌دهد.



شکل ۵. اثر دما بر روی زمان گاززدایی در عایق XLPE (استفاده از ۱۰۰٪ زمان مورد نیاز، در دمای ۶۰ درجه سانتیگراد)

همانگونه که در شکل ۵ مشاهده می‌شود اگر درجه حرارت، کمتر از ۶۰ درجه سانتیگراد شود به همان نسبت زمان گاززدایی افزایش می‌یابد، به طور مثال چنانچه دما به ۵۵ درجه سانتیگراد برسد زمان گاززدایی، نسبت به شرایطی که دما ۶۰ درجه سانتیگراد بوده است، حدود ۲۵٪ افزایش پیدا می‌کند و بالعکس.

### اثر وضعیت اکستروژن و تکنولوژی‌های عایق‌کاری:

مطالعات صورت گرفته بر روی هر دو عامل تلفات وزنی و کروماتوگرافی مایعات با فشار بالا (HPCL) نشان می‌دهند که وقتی هنوز کابل در داخل لوله ولکانیزه (CV) بوده و فرآیند عایق‌کاری در حال انجام است، عایق می‌تواند بعضی از محصولات فرعی خود را از دست بدهد.

این تلفات، به طول لوله عمل‌آوری<sup>۳۵</sup> (قسمتی از لوله ولکانیزاسیون که در آنجا فرآیند کراس‌لینک شدن صورت می‌گیرد) بستگی دارد، زیرا پس از آن، کابل، وارد ناحیه سرد لوله<sup>۳۶</sup> ولکانیزه شده و دمای سطحی آن به شدت پایین آمده و دیگر امکان خروج محصولات فرعی از داخل عایق وجود نخواهد داشت. بنابراین یکی از نتایجی که از این وضعیت به دست می‌آید این است که امکان افزایش سرعت خطی و یا کاهش طول لوله عمل‌آوری و یا با توجه به میزان تولید و بهره‌وری، هر دو مورد (افزایش سرعت خطی و کاهش طول لوله عمل‌آوری) وجود دارد. زیرا در این حالت، عایق، محصولات فرعی کمتری در لوله ولکانیزاسیون (CCV) از دست می‌دهد. البته باید اشاره کرد که مقدار کراس‌لینک شدن، میزان دما و مهم‌تر از همه، زمان ماندگاری در لوله عمل‌آوری، به طراحی کابل بستگی دارد.

زمان ماندگاری در لوله عمل‌آوری (curing tube)، مسأله‌ای بسیار مهم است زیرا میزان کراس‌لینک شدن، بستگی بسیار زیادی به این زمان دارد. به طور مثال در یک کابل فشار متوسط، چنانچه دمای عایق در داخل لوله، تقریباً به ۲۲۵ درجه سانتیگراد برسد، حدود ۸۳٪ از فرآیند کراس‌لینک شدن، تکمیل خواهد شد. البته در مورد کابل فوق فشار قوی یا EHV، این مقادیر بسیار پایین‌تر است بطوریکه اگر دمای عایق این نوع از کابل‌ها در ناحیه عمل‌آوری لوله، به حدود ۱۷۰ درجه سانتیگراد برسد، تقریباً ۵۵٪ از فرآیند کراس‌لینک شدن، کامل خواهد شد. مابقی این فرآیند در لایه‌های زیرین عایق، زمانی اتفاق می‌افتد که کابل در حال سرد شدن است. این ویژگی دو نتیجه مهم در پی خواهد داشت: اول اینکه اگر در حین فرآیند تولید، محصولات فرعی کمتری از عایق خارج شود، بهتر است زیرا انباشتگی و تراکم آنها در داخل لوله ولکانیزه؛ کاهش یافته و این مسأله باعث می‌شود که نگهداری لوله بسیار ساده‌تر و راحت‌تر گردد. به طور کلی اثر مثبتی در افزایش بهره‌وری و تولید دارد. دوم اینکه بیشترین گاززدایی باید پس از تولید انجام شود و اطمینان حاصل کرد که باقیمانده محصولات فرعی نیز خارج شده و گاززدایی به طور کامل صورت گرفته است.

در این راستا موارد پیش‌بینی نشده‌ای ممکن است اتفاق بیافتد که مربوط به تغییر سایز هادی و یا تغییر در سطح ولتاژ کابل و یا مربوط به تغییر در سرعت‌های خطی باشد که این پارامترها می‌توانند یک عدم توازن بین زمانهای ماندگاری در ناحیه گرم و ناحیه خنک کننده لوله CV ایجاد کنند و تولیدکنندگان را با یک آشفتگی مواجه کند.

با توجه به نتایج و موارد پیش‌بینی نشده‌ای که بیان شد مشخص می‌شود که گاززدایی، عمل بسیار مهمی است زیرا کمک بسیار بزرگی به کیفیت کابل‌های قدرت می‌کند و باعث بهبود ویژگیهای دی الکتریک کابل می‌شود. لذا اندازه‌گیری میزان محصولات فرعی



- 12- Typical Hot Set
- 13- Typical Torque
- 14- Reagent grade
- 15- Boiling Point
- 16- Melting Point
- 17- Permittivity
- 18- Electrical Conductivity
- 19- Continuous Vulcanization (CV)
- 20- Organic peroxide
- 21- Elastomer
- 22- Bar
- 23- Parts Per Million
- 24- Tangent  $\delta$  ( $\tan \delta$ )
- 25- Permittivity
- 26- Electrical tree
- 27- Impulse test
- 28- Vaporization
- 29- Conditioning
- 30- Degassing room
- 32- Fourier Transform Infrared Spectroscopy
- 33- High Pressure Liquid Chromatography
- 34- Gas Chromatography Mass Spectrometer
- 35- Curing tube
- 36- Cooling tube

حاصل از کراس لینک شدن عایق، جهت حصول اطمینان از اینکه گاززدایی در حد انتظار و به طور کامل انجام شده است، از اهمیت خاصی برخوردار می شود.

تلف وزنی و کروماتوگرافی مایعات با فشار بالا HPCL نشان داده اند که می توانند مؤثرترین و عملی ترین روش های تکنیکی برای اندازه گیری محصولات فرعی باشند. اطلاعاتی که از این اندازه گیری ها به دست می آید می تواند به راحتی جهت پیش بینی زمان مورد نیاز گاززدایی در کابل های مختلف مورد استفاده قرار گیرد. بهبود فرآیند گاززدایی هم می تواند توان عملیاتی و هم کارایی الکتریکی کابل را بهبود بخشد.

#### پی نوشت ها:

- 1 – Degassing
- 2- XLPE
- 3- Underground
- 4- Extra High Voltage (EHV)
- 5- By product
- 6- Acetophenone
- 7- Cumyl Alcohol
- 8- DiCumyl Peroxide (DCP)
- 9- Gilbert
- 10- Precopio
- 11- Niskayuna

### مدیریت محترم عامل شرکت کابل کمان جناب مهندس بهمن صالحی زاده

بدینوسیله درگذشت مادر گرامیتان را به شما و خانواده محترمتان تسلیت عرض نموده و از خداوند متعال برای آن مرحومه، علودرجات و برای سایر بازماندگان صبر و شکیبایی مسئلت داریم.

هیئت مدیره، دبیر و کارکنان انجمن صنفی کارفرمایان تولیدکنندگان سیم و کابل ایران

## شبکه FTTH، خلق یک آینده درخشان تر

ترجمه: مهندس محمدعلی مساواتی (کارشناس ارشد صنایع / کارشناس برق و الکترونیک)

### ۱. معرفی

هر گره دسترسی، تجهیزات لازم برای انتقال سیگنال‌های انتقال (فعال) جهت ارایه برنامه‌ها و خدمات برای مشترکین را داشته باشد، این اطلاعات با استفاده از فیبر نوری به مشترک رسانده می‌شود. شبکه‌های دسترسی ممکن است به بعضی از موارد زیر متصل شود:

- آنتن شبکه‌های وایرلس مانند وایمکس و شبکه‌های موبایل
- مشترکین در خانه‌های تکی (SFU ها) و یا مجتمع‌ها (MDU ها)
- ساختمان‌های بزرگ مانند مدارس، بیمارستان‌ها و کسب و کار
- کلیه ساختارهای امنیتی و نظارتی نظیر دوربین‌های نظارت، هشدارهای امنیتی و دستگاه‌های کنترل

#### ۱-۲ - محیط شبکه فیبر به خانه

برای استقرار فیبر نزدیک مشترک، ممکن است لازم باشد زیرساخت‌های فیبر در زمین عمومی و یا خصوصی نصب شود و یا در ساختمان‌ها و اموال عمومی و یا خصوصی قرار گیرد. محیط فیزیکی ممکن است شهرها و یا روستاها، مجتمع‌های مسکونی و یا خانه‌های تکی باشد. ماهیت سایت هم یکی از عوامل کلیدی در انتخاب مناسب‌ترین طراحی شبکه و معماری می‌باشد:

- **گرین فیلد:** ساخت جدید که در آن شبکه در همان زمان به همراه ساختمان نصب خواهد شد.
- **براون فیلد:** ساختمان‌ها در حال حاضر در محل هستند اما زیرساخت‌های موجود دارای استاندارد پایین می‌باشند.
- **آوربیلد:** اضافه کردن به زیرساخت موجود.

FTTH به عنوان ستاره درخشان نسل آینده شبکه دسترسی و فراهم‌کننده زمینه عالی برای فناوری با سرعت بالا شناخته می‌شود. شورای FTTH اروپا از محدود شوراهای فیبر در دنیا است که اقدام به انتشار تعداد زیادی نشریه نموده است. یکی از این کتاب‌ها، هندبوک FTTH می‌باشد که در آن اصول شبکه مانند: معماری، توپولوژی و فناوری‌ها، ارایه دیدگاه‌های مستقل درباره مسائل مختلف فنی، و همچنین ارایه راه‌حل‌های فنی، با تمرکز بر برنامه‌ریزی، استقرار و عملیات تشریح شده است. آنچه در این قسمت و در قسمت‌های بعد دنبال خواهیم نمود ترجمه و تلخیص این کتاب است که امیدوارم مورد استفاده قرار گیرد.

یکی از اهداف شوراهای فیبر در تمام دنیا ایجاد یک عرصه حرفه‌ای است که FTTH را بر پایه استانداردهای پذیرفته شده بین‌المللی ترویج دهد و مورد قبول قرار گرفته و به ارزش مشترک اعضا تبدیل شود. با امید به ایجاد تشکلهای تخصصی در زمینه فیبر و شبکه در ایران، تا زمینه برای تبادل نظر و ارایه راه‌حل‌های فنی، با تمرکز بر برنامه‌ریزی، استقرار و عملیات آماده شود.

### ۲. توصیف شبکه خانگی فیبر

شبکه (FTTH) یک شبکه دسترسی مبتنی بر فیبر است، که اتصال تعداد زیادی از کاربران را به نقطه‌ای که به عنوان یک گره یا نود دسترسی و یا نقطه حضور (pop) شناخته می‌شود ایجاد می‌کند. در



شکل ۱. مدل سایت FTTH



در تجهیزات POP، یا به یک تقسیم‌کننده نوری که از فیبر فیدر مشترک با POP استفاده می‌کند، متصل می‌شود. اتصالات بین مشترکین و سوئیچ ساختمان به صورت فیبر نبوده و از کابل‌های مسی برای این منظور استفاده می‌شود.

**فیبر به کرب یا کابینت (FTTC):** هر سوئیچ یا تافتگر دسترسی DSL، که اغلب در یک کابینت خیابانی یافت می‌شود و از طریق یک فیبر تک یا یک جفت فیبر به POP متصل می‌شود و حامل ترافیک بالایی از طریق اینترنت گیگابیت یا ۱۰ ترنت گیگابیت است. سوئیچ‌ها در کابینت خیابان، دیگر فیبر نیستند، اما می‌توانند با استفاده از VDSL2 یا VDSL2 بر هادی‌های مس عمل نمایند. این معماری گاهی اوقات "اترنت اکتیو و یا فعال" نامیده می‌شود، زیرا به عناصر فعال شبکه در این زمینه نیاز دارد.

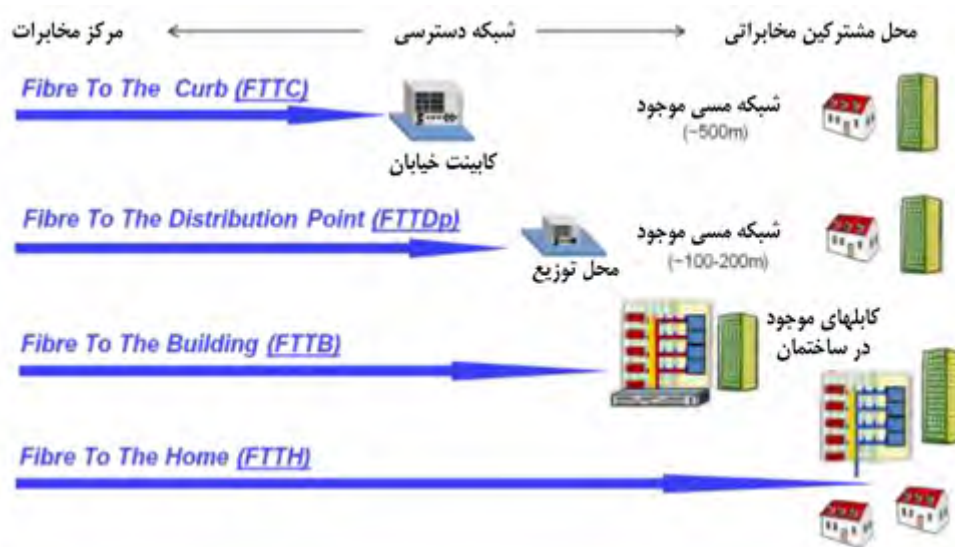
**فیبر به نقطه توزیع (FTTDP):** این راه حل در دو سال گذشته پیشنهاد شده است. اتصال POP به نقطه توزیع از طریق کابل نوری و سپس از نقطه توزیع به محل مشتری به وسیله زیرساخت‌های مس موجود. نقاط توزیع می‌تواند یک حوضچه مخابراتی، جعبه توزیع نصب شده بر روی یک تیر و واقع در زیر زمین یک ساختمان باشند. این معماری می‌تواند فناوری VDSL یا G.Fast را برای فاصله کوتاه، معمولاً کمتر از ۲۵۰ متری را پشتیبانی کند. با این حال، این کتابچه، بر روی استفاده از FTTH/B تمرکز خواهد شد، زیرا در بلندمدت این معماری، به دلیل مقیاس‌پذیری تقریباً نامحدود آن مورد توجه قرار می‌گیرد.

نوع سایت و اندازه شبکه FTTH، سرمایه‌گذاری اولیه جهت گسترش زیرساخت‌ها (CAPEX)، هزینه عملیات و نگهداری (OPEX) معماری شبکه در انتخاب روش‌های نصب زیرساخت‌ها اثرگذار می‌باشد. نحوه نصب فیبر تعیین‌کننده CAPEX و OPEX بوده و در کارایی شبکه مؤثر می‌باشد. این هزینه‌ها را می‌توان با انتخاب مناسب‌ترین راه حل فعال با ترکیب بهترین شیوه استقرار و گسترش زیر ساخت بهینه‌سازی کرد. روش‌های نصب در شکل معرفی شده و در قسمت‌های بعد توضیحات بیشتری ارائه خواهد شد.

## ۲-۲ - معماری شبکه‌های FTTx

تنوع در معماری‌های شبکه اصلی که در بالا ذکر شده، بسته به تعداد فیبرها، موقعیت اسپلیترها (نقاط انشعاب) و نقاط تجمیع، امکان‌پذیر خواهد بود. انتخاب معماری مناسب شبکه اغلب بحث برانگیز بوده، به خصوص به این دلیل که در بازار امروز، معماری‌های مختلف با نیازهای مختلف اپراتور، اولویت‌های کسب و کار و فنی متفاوت است. **فیبر به خانه (FTTH):** هر مشترک توسط فیبر اختصاصی به یک پورت در تجهیزات POP یا به اسپلیترپسیو نوری، با استفاده از فیبر اشتراکی در فیدر به POP و 100BASE-BX10 یا 1000BASE-BX10، برای فناوری اترنت یا فناوری GPON (EPON) به صورت توپولوژی نقطه به چند نقطه، متصل می‌شود.

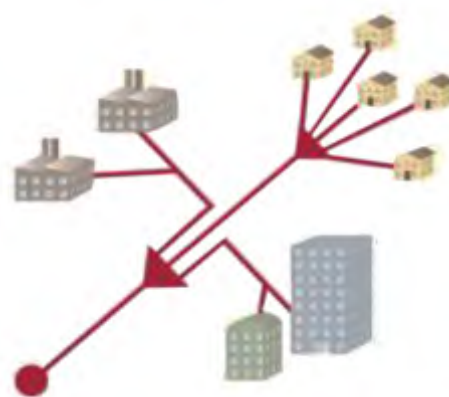
**فیبر به ساختمان (FTTB):** هر جعبه ترمینال نوری در ساختمان (که اغلب در زیرزمین قرار دارد) توسط فیبر اختصاصی به یک پورت



شکل ۲. انواع مختلف شبکه‌های FTTx

### ۳-۲ - توپولوژی و فناوری FTTH

معماری شبکه به طراحی یک شبکه ارتباطی اشاره دارد و چارچوبی برای تعیین مشخصات شبکه از اجزای فیزیکی تا خدمات فراهم می‌کند. شبکه دسترسی قسمتی از شبکه ارتباطی است که به طور مستقیم به کاربران انتهایی متصل می‌شود. به منظور تعیین تعامل متقابل زیرساخت‌های غیرفعال و فعال، لازم که تمایز واضحی بین توپولوژی‌های استفاده شده برای استقرار فیبرها (زیرساخت‌های پسیو) و فناوری‌های مورد استفاده برای حمل داده‌ها بر روی فیبرها (در تجهیزات اکتیو) قایل شویم. دو توپولوژی که به طور گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرند عبارتند از نقطه به نقاط، که اغلب با یک فناوری نوری پسیو (PON) همراه است و یا نقطه به نقطه که معمولاً از فناوری‌های انتقال اترنت استفاده می‌کند.



شکل ۳. نقطه به نقاط



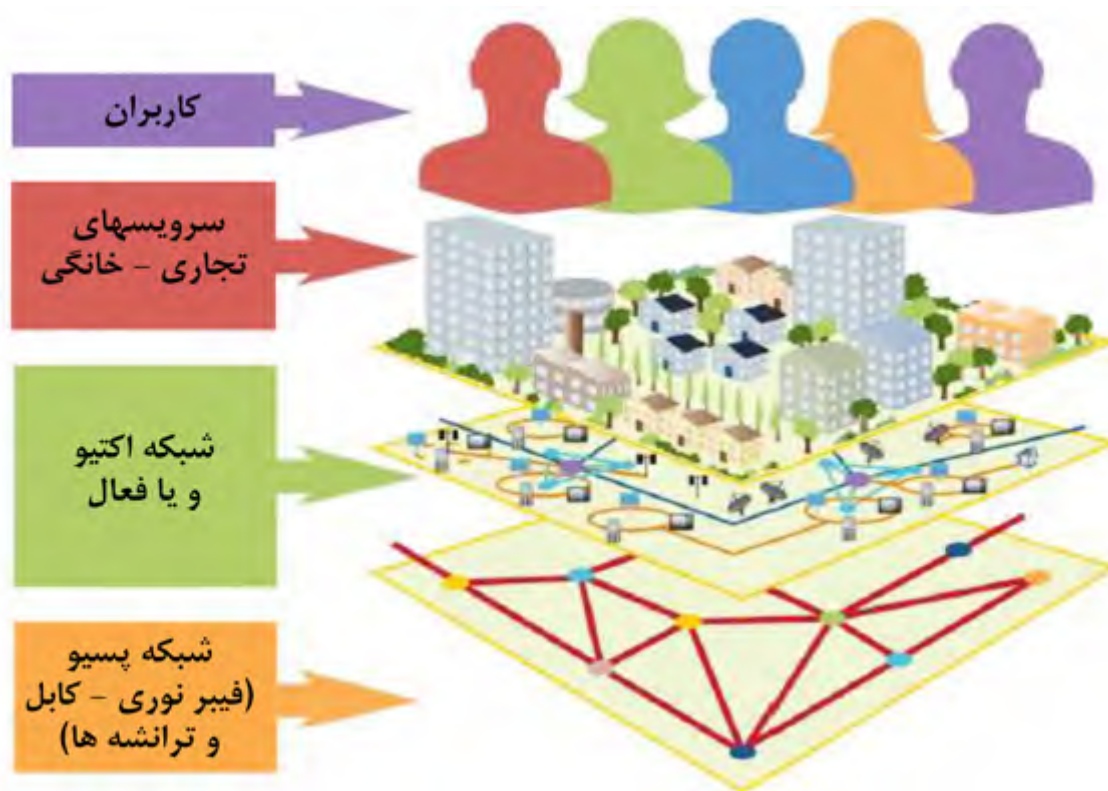
شکل ۴. نقطه به نقطه

توپولوژی نقطه به چند نقطه (P2MP) یک تک فیبر "فیدر" از دفتر مرکزی مخابرات یا (POP) به یک نقطه انشعاب آورده شده و از آنجا برای هر مشترک یک فیبر اختصاصی کشیده می‌شود. در یک تکنولوژی شبکه‌های پسیو مانند GPON با استفاده از اسپلیترهای نوری در نقاط انشعاب، داده‌ها را رمزگذاری نموده تا کاربران فقط اطلاعات مربوط به خود را دریافت کنند. تکنولوژی فعال اترنت نیز می‌تواند برای کنترل دسترسی مشترک، در یک توپولوژی نقطه به چند نقطه با قرار دادن سوئیچ‌های اترنت در این زمینه مورد استفاده قرار گیرد. هر مشتری یک اتصال نقطه به نقطه منطقی دارد و کاربر نهایی تنها اطلاعاتی را که برای آنها در نظر گرفته شده را ارسال و دریافت می‌کند.

توپولوژی نقطه به نقطه (P2P): بین گره‌های دسترسی یا (POP) و مشترکین فیبرهای اختصاصی کشیده می‌شود. هر مشترک دارای ارتباط مستقیم با فیبر اختصاصی است. مسیر از دفتر مرکزی (CO) به مشتری، احتمالاً شامل قسمت‌های زیادی فیبر همراه با تقسیمات یا اتصالات است، اما مسیر نوری مداومی را از گره دسترسی به خانه فراهم می‌کند. معماری شبکه هر چه که باشد، مهم است بدانیم که چگونه طراحی ممکن است بر توسعه شبکه در آینده تأثیر بگذارد. یک شبکه FTTH یک سرمایه‌گذاری طولانی مدت است و طول عمر کابل‌کشی در زمین حداقل ۲۵ سال است، اما عمرکاری احتمالاً طولانی‌تر خواهد بود. با استفاده از تجهیزات فعال که احتمالاً در این دوره زمانی چندین بار ارتقا داده می‌شود، باید بتواند زیرساخت را دوباره استفاده کند. بنابراین تصمیماتی که در ابتدای پروژه FTTH انجام می‌شود، پیامدهای طولانی مدت خواهد داشت.

### ۲-۴ - لایه های شبکه

شبکه FTTH می‌تواند شامل تعدادی از لایه‌های مختلف باشد: زیرساخت‌های پسیو شامل کانال‌ها، فیبرها، محوطه‌ها و سایر دستگاه‌های بیرونی؛ شبکه اکتیو با استفاده از تجهیزات الکترونیکی؛ خدمات تجاری ارایه اتصال به اینترنت و خدمات مدیریت شده مانند IPTV، و کاربران نهایی. یک لایه اضافی را نیز می‌توان اضافه نمود، لایه محتوا که در بالای لایه خدمات خرده فروشی و کاربران نهایی قرار دارد.



شکل ۵. لایه‌های شبکه FTTH (منبع : Alcatel-Lucent)

اتصال پایه اینترنت و دیگر خدمات مدیریت شده مانند IPTV بسته‌بندی شده و به مصرف‌کنندگان و شرکت‌ها ارائه می‌شود. علاوه بر ارائه پشتیبانی فنی، شرکت‌های مرتبط با این لایه نیز مسئول کسب و کار مشتری، استراتژی‌های بازاریابی و خدمات مشتری است.

هر لایه شبکه یک وظیفه مشخص دارد. صاحب شبکه مسئول اولین لایه است، اگرچه ممکن است ساخت آن را به یک شخص ثالث منتقل کند. اپراتور شبکه دارای تجهیزات اکتیو است، در حالی که خدمات جزئی توسط ارائه‌دهنده خدمات اینترنت (ISP) ارائه می‌شود.

**منبع:**

Creating A Brighter Future - FTTH Handbook Edition 6  
FTTH Council Europe

این ساختار به نحوی است که توسط یک شبکه FTTH سازمان یافته و اداره می‌شود. مثلاً:

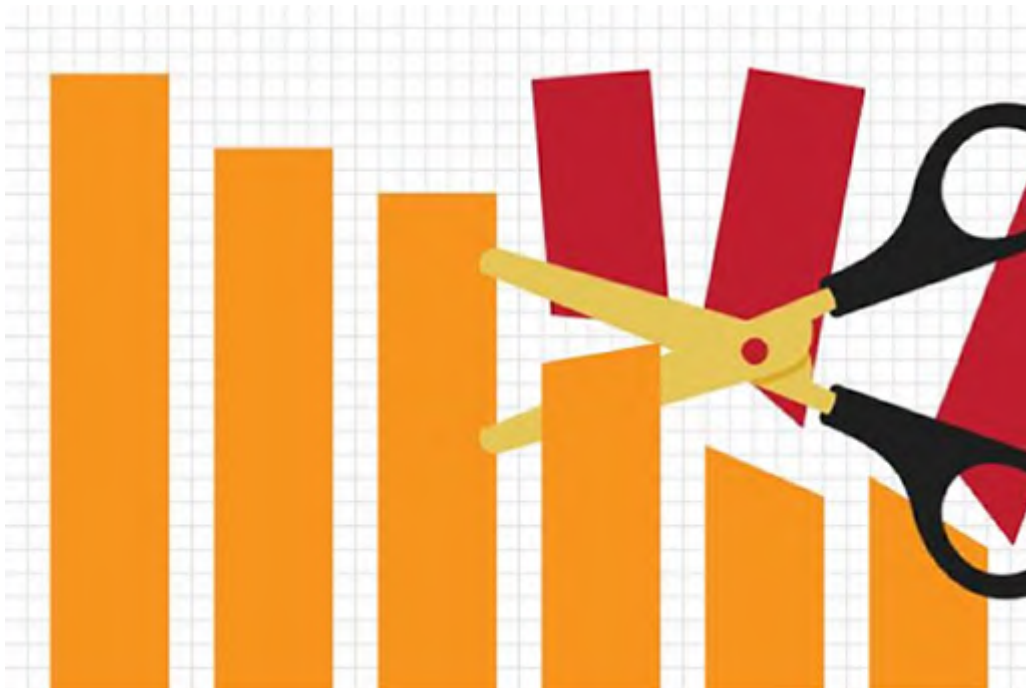
**زیرساخت‌های پسیو:** شامل عناصر فیزیکی مورد نیاز برای ساختن شبکه فیبر هستند. شامل فیبرنوری، ترانشه‌ها، کانال‌ها و تیرها (که برای نصب استفاده می‌شوند)، محفظه‌های فیبر، فریم‌های توزیع نوری، بچ پنل‌ها، قفسه‌های پلاستیکی و غیره می‌باشد. سازمان مسئول این لایه مخابراتی، به طور معمول مسئولیت برنامه‌ریزی مسیر، مذاکرات حق‌اراء و همچنین کارهای ساختمانی مورد استفاده برای نصب فیبر را دارد.

**شبکه اکتیو و یا فعال:** به تجهیزات شبکه الکترونیکی مربوط می‌شود تا به زیرساخت‌های پسیو جان داده و سیستم‌های عملیاتی مورد نیاز برای تجاری‌سازی اتصال فیبر را پشتیبانی نماید. مرکز مسئول این لایه، تجهیزات شبکه را طراحی، ساخت و عملیاتی می‌کند.

**خدمات تجاری:** هنگامی مطرح می‌شوند که لایه‌های پسیو و شبکه در محل خود قرار گرفته باشند. این لایه جایی مطرح می‌شود که

## سه عامل مؤثر بر هزینه تولید

### ترجمه: الهام علایی (کارشناس مدیریت صنعتی)



#### ۱- موقعیت مکانی

دکتر M. Visvesvaniya به ۹ عامل که در زبان انگلیسی با حرف M شروع می‌شوند، اشاره می‌کند که باید پیش از تصمیم‌گیری در مورد محل ایجاد واحد تولیدی مورد نظر قرار گیرند. این عوامل عبارتند از: سرمایه<sup>۱</sup>، مواد اولیه<sup>۲</sup>، نیروی انسانی<sup>۳</sup>، بازار مصرف<sup>۴</sup>، ماشین‌آلات<sup>۵</sup>، انرژی<sup>۶</sup>، مدیریت<sup>۷</sup>، وسایل حمل و نقل<sup>۸</sup>، و پتانسیل شروع سریع<sup>۹</sup>. موفقیت سازمان جدید به حد قابل توجهی به انتخاب محل مناسب برای آن بستگی دارد. در انتخاب محل ایجاد واحد تولیدی عوامل زیر باید مورد نظر قرار گیرد:

#### • دسترسی به مواد اولیه:

محل ایجاد واحد تولیدی باید به گونه‌ای انتخاب شود که در آنجا مواد اولیه به سهولت در دسترس باشد. دستیابی آسان به مواد و نزدیکی واحد تولیدی به مکان استقرار مواد اولیه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

پایه‌گذار هر مؤسسه و سازمان، پیش از راه‌اندازی و فعالیت جدید باید تصمیمات بسیار مهمی را در دستور کار خود قرار دهد. چنین تصمیماتی اثر قابل توجهی بر هزینه تولید محصول در دراز مدت خواهد داشت. فرد سرمایه‌گذار باید در مواردی همچون محل انجام فعالیت، ماهیت تولید، بازار هدف و حجم جذب توسط بازار و ابعاد واحد تولیدی تصمیم‌گیری کند.

تمامی تصمیمات ذکر شده دارای چنان طبیعتی هستند که در صورت اتخاذ در طول زمان مجدداً قابل تغییر نمی‌باشند. این تصمیمات بر هزینه تولید در درازمدت مؤثرند.

بنابراین مؤسس سازمان باید به بررسی دقیق عواملی بپردازد که بر نقش هزینه در بلند مدت اثرگذار است. عموماً سه عاملی که بر هزینه تولید مؤثر است عبارتند از: موقعیت مکانی، گستره و دامنه فعالیت، حجم تولید. تجزیه و تحلیل کامل و کافی در مورد این عوامل، به شخص سرمایه‌گذار کمک می‌کند تا با کاهش هزینه‌ها به حداکثر سود دست یابد.



## • منابع مالی

هیچ فعالیت تولیدی کارآمدی بدون در اختیار داشتن سرمایه کافی امکان پذیر نیست. بانکها، سازمانهای بورس و سایر مؤسسات مشابه مالی برای سرمایه گذاری و توسعه منابع از طریق تأمین گاه به گاه منابع مالی به این فعالیت های تولیدی کمک می نمایند.

## • شرایط آب و هوایی محیط

برخی از صنایع برای تولید مناسب محصول نیاز به شرایط محیطی خاص دارند. مثلاً محیط های فاقد گرد و خاک برای تولید انواع سیم و کابل و یا وجود حد مناسبی از رطوبت در محیط برای تولید سیم لاکه و یا محیط خشک برای تولید گرانول PVC ضرورت دارد.

## • پتانسیل صنعتی و پتانسیل شروع سریع

تعمیل برای ابقاء یک واحد صنعتی ایجاد شده در همان منطقه صنعتی خاص به خاطر برخورداری از مزیت های قبلی که آن واحد تولیدی در آن منطقه احداث شده و در حال حاضر آن منطقه صنعتی برای کار مورد نظر اهمیت خود را از دست داده باشد، وجود دارد. با این وجود، اگر سرمایه گذار هوشمندانه عمل کند و به اطلاعات ضروری دست پیدا کند، مکانی را برای تأسیس واحد صنعتی برمیگزیند که هزینه تولید هر واحد محصول را به حداقل برساند.

## • خواست شخصی

گاهی تصمیم در مورد محل برقراری یک واحد صنعتی ممکن است بر اساس سلايق شخصی و یا تعصب های فردی در امور صنعتی اخذ شود.

## • مقررات دولتی

امروزه دولت نقش اساسی در تعیین محل احداث واحدهای صنعتی جدید ایفا می کند. علاوه بر عوامل مورد نظر پیشین، هزینه خرید زمین و احداث ساختمان برای تأسیس یک کارخانه، نقشه برداری و مکان یابی منطقه، وجود امکانات برای توسعه آتی از جمله عوامل دیگری است که بر تصمیم گیری در مورد محل واحد صنعتی مؤثر است.

## ۲- گستره و دامنه فعالیت

توصیه می شود پیش از هر گونه اقدام، دامنه فعالیت کارخانه را قبلاً طرح ریزی کنیم. بر مبنای تجارب بیشتر، این طرح ریزی در مورد

دسترسی به مواد اولیه از هزینه های حمل و نقل به شدت می کاهد. مس، آلومینیوم و مواد پلیمری از جمله مواد اصلی مصرفی سیم و کابل می باشند. کارخانه های تولیدی مجاور تولیدکنندگان این مواد اولیه در شرایط یکسان دارای قیمت تمام شده کمتری هستند، زیرا هزینه حمل و نقل مواد اولیه به کارخانه در این واحدهای تولیدی پایین تر است.

## • نزدیکی به بازار مصرف

تولید موفقیت آمیز محصول مورد نظر به تنهایی کافی نیست. بلکه باید برای محصول بازار مناسبی پیدا شود و اینکه محصول به قیمتی عرضه شود که سود قابل قبولی داشته باشد. این امر زمانی محقق می شود که بازار مصرف نسبت به مکان تولید محصول خیلی دور نباشد. نزدیکی بازار مصرف سبب تضمین کاهش هزینه حمل محصول و همچنین کاهش زمان تحویل می شود.

## • دسترسی به منابع تأمین انرژی

هر واحد صنعتی برای راه اندازی و کار کردن ماشین آلات نیاز به تأمین انرژی دارد و در صورتی که در منطقه مورد نظر منابع کافی برای تأمین انرژی وجود نداشته باشد، گسترش منطقه صنعتی در آن حوزه امکان پذیر نخواهد بود. مهمترین منبع تأمین انرژی برای ماشین آلات، نیروگاه های برق می باشند. در محل ایجاد فعالیت صنعتی باید نیروی برق کافی و مطمئن وجود داشته باشد.

## • تأمین نیروی انسانی

برای ادامه فعالیت موفق و بدون وقفه هر کارخانه، دسترسی به نیروی انسانی کافی کارآمد و همچنین پرداخت حقوق منطقی و قابل قبول از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است. برخی از صنایع به مهارت های خاص برای شاغلین در فعالیت فرایند تولید نیازمند هستند و لازم است در مکان هایی ایجاد شوند که امکان تأمین نیروی انسانی و کارگران متخصص و کارآزموده در آنجا وجود داشته باشد. تأسیس کارخانه در شهرهای صنعتی از این نظر برای تأمین نیروی انسانی مناسب ایده مناسبی است.

## • حمل و نقل

هر کارخانه تولیدی صنعتی نیاز به وسایل حمل و نقل ارزان و به میزان کافی دارد تا هم مواد اولیه را از منابع تأمین آن به محل کارخانه و هم محصولات ساخته شده را از کارخانه به بازار یا مراکز مصرف جابجا کند. بنابراین بهتر است محل واحد تولیدی در جایی انتخاب شود که وسایل حمل و نقل کافی و ارزان در دسترس باشد.

### ۳- حجم تولید و ابعاد کارخانه

موفقیت و کارایی واحد صنعتی از طرفی به ابعاد مناسب آن بستگی دارد. اندازه و میزان ظرفیت باید در حد بهینه باشد تا حداکثر بهره‌وری حاصل شود. ابعاد بهینه کارخانه باید به گونه‌ای در نظر گرفته شود که هزینه‌های تولیدی در پایین‌ترین حد و بهره‌وری در بالاترین حد به دست آید. این حد بهینه همه عوامل فنی، مدیریتی و بازاریابی به خوبی متعادل خواهند بود. باید توجه نمود که ابعاد بهینه کارخانه ثابت و بدون تغییر نمی‌ماند بلکه در اثر بهبود فناوری تولید و تجارت مدیریتی ممکن است دستخوش تغییر شود.

#### پی‌نوشت‌ها:

1. Money
2. Material
3. Men
4. Market
5. Machinery
6. Motive Power
7. Management
8. Means of transport
9. Momentum Of early start

#### منبع:

<http://www.shareyouressays.com>

دامنه کاری شرکت ممکن است گاه به گاه مورد تصمیم‌گیری مجدد قرار گیرد. در این مورد باید موارد زیر را مد نظر قرار داد:

- فناوری مورد نظر برای بکارگیری در تولید چیست؟ چه قطعات یا اجزایی باید در کارخانه ساخته شود و برای چه قطعاتی به کارخانه دیگر وابسته هستیم؟
- آیا همه فرآیندهای مربوط به تولید در کارخانه انجام می‌شود یا برخی از آنها باید متکی به قراردادهای پیمانکاری باشد؟
- آیا مواد اولیه مصرفی در محل خود کارخانه تولید می‌شود یا از سایر کارخانجات تأمین می‌گردد؟
- برای انجام امور تخصصی تولید، تا چه حد متکی به نیروهای داخلی است و یا اینکه از منابع بیرونی سازمان سود می‌جوید؟
- آیا لازم است کالاهای وابسته به محصول تولیدی اصلی در محل خود کارخانه تولید شود و در این مورد دامنه کاری سازمان گسترش یابد؟
- آیا بازاریابی محصول در محل شرکت سازماندهی شود یا با اتکا به سایر نمایندگان بازاریابی صورت می‌گیرد؟
- آیا خدمات پس از فروش به مشتریان توسط خود شرکت انجام می‌شود یا در این زمینه قراردادهای دیگری با سایر شرکت‌ها برای این مسئولیت مهم عقد می‌شود؟
- مسئولین شرکت باید در مورد پرسش‌های فوق و سایر مسایل تصمیم‌گیری نموده و نهایتاً با در نظر گرفتن اینکه هزینه واحد برای تولید و توزیع محصول یا خدمات در پایین‌ترین حد و تغییرات برای دستیابی به حداکثر سود شاخص باشد، اقدام به برقراری واحد تولیدی نمایند.



**بازرگانی فلزات غیر آهنی (واردات - صادرات)**  
**مس، آلومینیوم، سرب، قلع، روی، نیکل**  
**۱۸-۶۶۱۷۰۶۸۷**  
**۰۰۹۷۱-۴۴۵۲۸۳۹۰**



## بریده جراید

### ۶ اشتباه رایج در مدیریت کسب و کار

جایگزینی برای سختکوشی و پشتکار وجود ندارد و راه‌های میان‌بر فقط به‌طور مقطعی می‌تواند آنها را به موفقیت نزدیک کند. آنها می‌دانند اگر وظایف خود را انجام ندهند، هیچ چیز فرا نمی‌گیرند و این باعث توقف حرفه آنها می‌شود.

#### اشتباه: فراموش کردن فلسفه زندگی

مدیران موفق فلسفه اصلی زندگی را از یاد نمی‌برند. فعالیت‌های زیاد و سخت کار کردن ممکن است هدف اصلی زندگی را کمرنگ کند. اما مدیران باهوش می‌دانند چطور مسائل را با اولویت‌بندی روزانه خود در اختیار بگیرند. به بیان دیگر اینطور نیست که آنها به کارها با مقیاس کوچک توجه نکنند، آنها فقط نظم و چشم‌اندازی برای تنظیم جریان کار خود دارند و تمام فعالیت‌های خود را در سایه فلسفه زندگی انجام می‌دهند.

#### اشتباه: تلاش برای راضی کردن همه

معمولاً می‌خواهیم با تبدیل شدن به فردی که دیگران می‌پسندند، آنها را راضی کنیم. اما هیچ کس قلب را دوست ندارد و این کار هرگز به نتیجه مطلوبی نمی‌رسد. مدیران موفق به تمام نظرات احترام می‌گذارند و به آنها توجه کرده و در نهایت بهترین ایده‌ها و نظرات را اعمال می‌کنند. تقریباً هر شخص در یک نقطه از زندگی این اشتباه را می‌کند، اما افراد باهوش به سرعت متوجه می‌شوند که نمی‌توان هر فردی را راضی کرد. مدیران باهوش می‌دانند که برای موفقیت باید شجاعت انتخاب کردن را داشته باشند نه انتخاب‌هایی که هر شخصی دوست دارد.

#### اشتباه: تلاش برای تغییر افراد

تنها راهی که افراد تغییر می‌کنند این است که خودشان تمایل به تغییر داشته باشند. با این حال، ممکن است درصدد باشید کسی را تغییر بدهید که نمی‌خواهد تغییر کند. برخی مدیران ممکن است آن اشتباه را یکبار انجام دهند اما سپس تشخیص می‌دهند که هرگز نمی‌توانند هر کسی را تغییر دهند. در عوض فعالیت خود را حول افراد مثبت و نابغه می‌سازند و با افراد مسئله‌ساز فعالیت نمی‌کنند.

#### جمع‌بندی

مدیران باهوش به این دلیل موفق هستند که هرگز از یادگیری دست نمی‌کشند. آنها نه تنها از اشتباهات و شکست‌های خود، بلکه از موفقیت‌های خود نیز درس می‌گیرند و همیشه برای بهتر شدن در تلاش هستند.

امیرعلی رمدانی/ تحلیلگر کسب و کار (روزنامه همشهری، یکشنبه، ۲۰ اسفند ۱۳۹۶)

هر مدیری در زمان مدیریت خود اشتباهاتی را انجام می‌دهد اما کمتر مدیری از آن اشتباهات درس می‌گیرد. برخی افراد یک اشتباه را مرتباً تکرار می‌کنند که نه تنها هیچ پیشرفتی حاصل نمی‌شود بلکه دلیل پیشرفت نکردن را نیز نمی‌توانند پیدا کنند. محققان دریافته‌اند که مدیران در مورد اشتباهات به دو گروه تقسیم می‌شوند:

۱. گروه اول افرادی که طرز فکر «ثابت» دارند و عباراتی به کار می‌برند نظیر: این را فراموش کن؛ من هرگز در این کار موفق نمی‌شوم. مدیرانی که طرز فکر «ثابت» دارند سعی می‌کنند اشتباهات را به فراموشی بسپارند.
۲. گروه دوم افرادی که طرز فکر «رشد» دارند؛ مانند جملات: بگذار ببینیم کجای کار اشتباه بود تا دوباره تکرار نکنم. مدیرانی که این طرز فکر را دارند، اشتباهات خود را قبول داشته و از آن برای بهبود بهره می‌گیرند. مدیران موفق در مقابل اشتباهات ایمن هستند؛ آنها ابزارهایی برای درس گرفتن از خطاهای خود دارند. به عبارت دیگر ریشه خطای خود را به سرعت شناسایی و یک اشتباه را هرگز دوبار تکرار نمی‌کنند. وقتی اشتباهی را تکرار می‌کنید، این دیگر اشتباه نیست، بلکه تصمیم است. اشتباهات، مدیران را مجبور می‌کند که زمان و کار بیشتری صرف اصلاح آنها انجام دهند. در این نوشتار چند نکته درخصوص اشتباهات مدیران گفته می‌شود.

#### اشتباه: تکرار یک کار به امید نتیجه‌ای متفاوت

آلبرت اینشتین می‌گوید: «جنون یعنی تکرار یک کار و انتظار نتیجه‌ای متفاوت داشتن». با وجود این اما افراد زیادی مصر هستند که عدد ۲ به اضافه ۲ مساوی ۵ می‌شود. این یک واقعیت است که اگر یک روش را دنبال کنید، نتایج یکسانی می‌گیرید. اما مدیران باهوش، این ناامیدی را فقط یکبار تجربه می‌کنند. افراد باهوش می‌دانند اگر نتیجه متفاوتی را بخواهند باید رویکرد خود را تغییر دهند، حتی اگر انجام آن انرژی زیادی از آنها بگیرد.

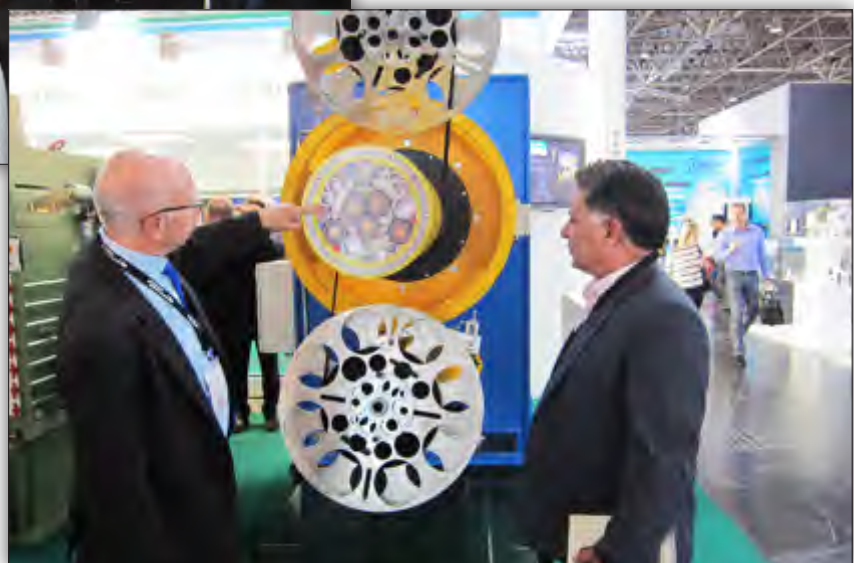
#### اشتباه: دستیابی به موفقیت در کوتاه‌مدت

مدیران باهوش می‌دانند که موفقیت در کوتاه‌مدت و به سرعت حاصل نمی‌شود و سختکوشی زیادی باید انجام دهند تا به موفقیت و اهداف مورد نظر برسند. آنها در هر مرحله از فعالیت خود، فرایند دشواری را طی می‌کنند و در این مسیر انگیزه خود را از دست نمی‌دهند.

#### اشتباه: میان‌بر زدن

مدیران موفق به خوبی می‌دانند که باید وظایف خود را به‌طور کامل و مسیر درست را به خوبی طی کنند و در این راه ریسک‌های حساب نشده انجام نمی‌دهند. مدیران باهوش بسیار خوب به این نکته واقفند که هیچ

## گزارش تصویری از: نمایشگاه سیم، کابل و لوله دوسلدورف ۲۰۱۸





# برنامه‌ریزی تولید با استفاده از رویکرد آرمانی فازی و تئوری محدودیت‌ها در صنایع کابل‌سازی

مهندس سعید شریف یزد (کارشناس ارشد مهندسی صنایع)

## چکیده

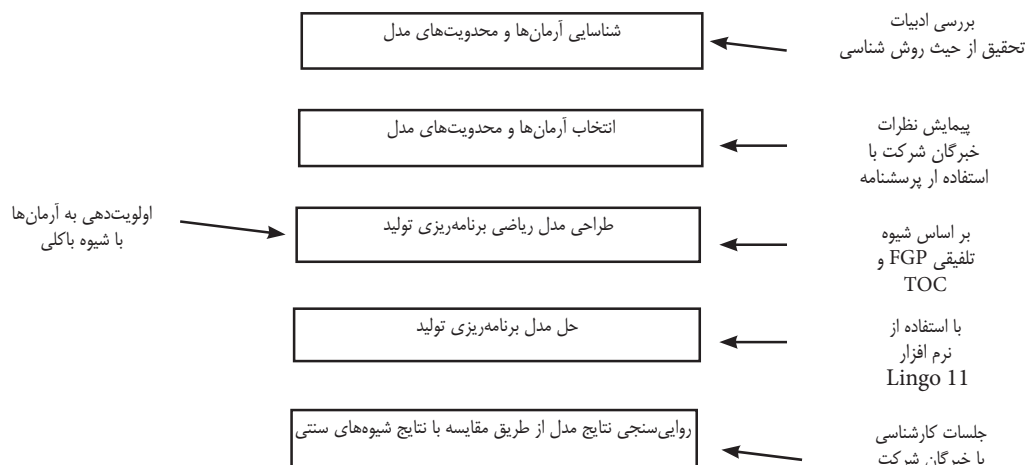
در دنیای کنونی که رقابت امری مهم تلقی می‌گردد، بهینه شدن سیستم‌های تولید از اهمیت فوق‌العاده‌ای برخوردار است. از جمله فنون بهینه‌سازی سیستم‌های تولید، روش‌های علمی برنامه‌ریزی تولید می‌باشد که عموماً بر پایه تکنیک‌های تحقیق در عملیات بنا شده‌اند. پژوهش حاضر با تکیه بر برنامه‌ریزی آرمانی فازی و مفاهیم تئوری محدودیت‌ها در صدد بهینه‌سازی برنامه‌ریزی تولید در صنایع کابل‌سازی می‌باشد. به این منظور جهت شناسایی محدودیت‌ها و آرمان‌های مؤثر بر مدل از ادبیات تحقیق و پرسشنامه و از روش باکلی برای تعیین اوزان فازی آرمان‌ها استفاده می‌شود. نتایج تحقیق حاکی از کاهش یازده درصدی انحراف از آرمان‌های مورد نظر شرکت مورد مطالعه در مقایسه با روش سنتی می‌باشد.

کلمات کلیدی: برنامه‌ریزی، برنامه‌ریزی تولید، برنامه‌ریزی آرمانی فازی، تئوری محدودیت‌ها.

## ۱- روش تحقیق

روش تحقیق در این پژوهش به لحاظ هدف کاربردی می‌باشد. در تحقیق کاربردی، هدف اساسی حل مسأله خاص متداول درون سازمان می‌باشد. (آذر، ۱۳۸۸) شیوه اصلی در پژوهش حاضر، مدلسازی ریاضی بوده و در این راستا شیوه تلفیقی از برنامه‌ریزی آرمانی فازی و تئوری محدودیت‌ها استفاده می‌شود. همانند تمامی تحقیقات مبتنی بر شیوه‌های تحقیق در عملیات، در این تحقیق نیز ابتدا مدلسازی و سپس حل مدل، فرآیند پژوهش را شکل می‌دهد.

گردآوری پارامترهای مدل بر اساس برنامه‌ریزی تولید در یکی از شرکت‌های کابل‌سازی صورت گرفته است. عوامل مؤثر بر طراحی مدل از طریق مشاهده، مطالعات کتابخانه‌ای و پرسشنامه‌ای که بدین منظور طراحی شده جمع‌آوری گردید و جهت وزن‌دهی به آرمان‌های مورد نظر شرکت از روش باکلی استفاده شده است. همچنین ترکیب بهینه تولیدات از طریق حل مدل با نرم‌افزار Lingo11 حاصل شد و سپس جلساتی با حضور مدیران و کارشناسان شرکت تشکیل و نتایج حاصل با روش جاری مورد مقایسه و تحلیل قرار گرفت. بطور کلی مراحل تحقیق توسط نمودار زیر تشریح می‌گردد:



## نمودار ۱. مراحل تحقیق



مشخص شده که بیانگر زمان بیکاری و اضافه کاری دستگاه‌های مختلف می‌باشد.

• **محدودیت‌های مربوط به بالانس:** برای ایجاد ارتباط مؤثر بین میزان تولید خطوط، به دسته دیگری از محدودیت‌ها به نام محدودیت‌های تعادل یا بالانس مراحل نیاز داریم. در این دسته از محدودیت‌ها میزان تولید هر محصول در هر ایستگاه با مقدار مورد نیاز از آن برای تولید محصول در مرحله بعد موازنه می‌شود. این تعادل با در نظر گرفتن موجودی‌های به جامانده از دوره قبل یعنی  $I(t-1)$  کامل می‌شود.

از آنجایی که قسمتی از تولیدات ضایع می‌شود، مجموع تولیدات در عبارت  $(1-\mu_s)$  ضرب می‌شود. از طرفی در برخی از مراحل بر اثر کشش سیم‌ها یا تابیده شدن، سیم‌ها بلندتر و یا کابل‌ها کوتاه‌تر می‌شوند که این اختلاف با کمک پارامتر  $\delta$  در نظر گرفته می‌شود.

#### • محدودیت‌های مربوط به موجودی‌های پایان دوره:

محصولات تولید شده در مراحل مختلف می‌توانند برای استفاده در دوره‌های بعد ذخیره شوند، اما به علت محدود بودن فضا مقدار محصولات ذخیره شده در پایان هر دوره نباید از حد معینی تجاوز کند که البته این محدودیت با توجه به وسعت بسیار زیاد انبار شرکت در مقایسه با محصولات تولید شده برای محصولات نهایی وجود ندارد. از طرفی زوج سیم‌ها و کابل‌های استرند شده باید در محل سالن سر پوشیده قرار بگیرند تا در معرض هوا، آفتاب، سرما و ... دچار آسیب نشوند، همین امر موجب می‌شود که محدودیت مربوط به آنها قطعی در نظر گرفته شود اما کابل‌های با روکش میانی غیر نهایی شده را می‌توان در فضای باز بیرون از سالن نیز قرارداد، به همین دلیل محدودیت مربوط به آنها آرمانی در نظر گرفته می‌شود. در مدل سازی آرمانی متغیرهای  $W(t)$  و  $W^+(t)$  میزان موجودی بیشتر یا کمتر از ظرفیت تعیین شده را نشان می‌دهند.

#### • محدودیت‌های مربوط به برآوردن سفارشات:

در بخش اول از این محدودیت میزان تولید کابل‌های مهاردار را با احتساب ضایعات آن  $(\mu_s)$  برابر با ضربی از مترای استاندارد روی قرقره  $(\theta_r)$  قرار می‌دهیم تا تعداد قرقره‌ها به دست آید و محدودیت آن با توجه به میزان سفارشات مطرح می‌شود. در مدل سازی آرمانی متغیر  $U(t)$  یعنی تعداد قرقره تولید شده را با انحرافات تولید از ماه‌های قبل و ماه حاضر برابر با تعداد قرقره سفارش داده شده قرار می‌دهیم.

## ۱-۱ برنامه‌ریزی آرمانی فازی

از آنجا که برنامه‌ریزان تولید در مورد آرمانهای مختلف و متضاد با انتخاب سختی در زمینه اولویت‌دهی به آنها جهت ترکیبات تولیدی مواجه هستند، برای حل این دسته از مسائل، برنامه‌ریزی چند بعدی، روشی عملی و منعطف برنامه‌ریزی آرمانی است. (کتانی<sup>۱</sup>، ۲۰۰۱) با توجه به اینکه در اغلب سیستم‌های تولیدی پارامترهایی وجود دارند که ممکن است مقادیر قطعی و مشخصی نداشته باشند لذا بررسی عدم قطعیت این پارامترها در مدیریت این سیستم‌ها امری لازم و ضروری می‌باشد (نوری، ۱۳۸۹) و لذا در پژوهش حاضر از شیوه مدل سازی برنامه‌ریزی آرمانی فازی استفاده شده است.

### ۱-۱-۱- آرمان‌ها

مشخص نمودن متغیرها، پارامترها و محدودیت‌ها، مدل آرمانی برنامه‌ریزی تولید با در نظر گرفتن سه آرمان (طبق نظر خبرگان شرکت) به شرح زیر قابل طراحی می‌باشد:

- برآوردن سفارشات تا حد امکان.
- حداقل نمودن ساعات بیکاری دستگاه‌ها.
- حداقل نمودن موجودی ظرفیت انبار تخصیص یافته به محصولات دارای روکش میانی.

### ۱-۲- تئوری محدودیت‌ها

تئوری محدودیت‌ها (TOC) یکی دیگر از سیستم‌های مدیریت تولید است که در راستای افزایش بهره‌وری شکل گرفته است. این تئوری توسط گلدنارت ارائه شده و با شناسایی محدودیت‌های موجود و به کمک یک سری مفاهیم، سیستم را در جهت کسب پول هدایت می‌نماید. (چان<sup>۲</sup>، ۲۰۰۵) پژوهش حاضر با بهره گیری از مفاهیم این تئوری به دنبال بکارگیری آن در جهت دسترسی بهتر شرکت به آرمان‌های مورد نظر می‌باشد.

### ۱-۲-۱- محدودیت‌ها

چهار دسته محدودیت برای مدل برنامه‌ریزی تولید در نظر گرفته شد. این محدودیت‌ها عبارتند از:

- **محدودیت‌های مربوط به ظرفیت:** ظرفیت دستگاه بر اساس ساعات در دسترس در هر دوره مشخص می‌شود. در اینجا به دلیل تغییر سرعت تولید (برحسب کیلومتر بر ساعت) بر اساس دستگاه  $(m)$  توانی از سرعت  $(\alpha)$  به مدل اضافه می‌شود. در مدل آرمانی انحراف از زمان عادی تولید با متغیرهای  $Y_{sm}^+(t)$  و  $Y_{sm}^-(t)$

## ۲- حل مدل برنامه ریزی تولید

مدل برنامه ریزی تولید با استفاده از روش آرناس و همکاران (۲۰۰۵) و با استفاده از نرم افزار Lingo 11 حل می گردد.

### ۲-۱- روایی سنجی نتایج مدل

در این مرحله نتایج حاصل از حل مدل فازی با روش های برنامه ریزی سنتی شرکت مقایسه شده است. بدین منظور شاخص میزان انحراف از آرمان های مورد نظر شرکت با استفاده از هر دو روش مورد مقایسه قرار گرفته است و در جلسه ای با حضور خبرگان شرکت مورد مطالعه روایی نتایج بدست آمده مورد تحلیل قرار گرفته است.

### ۲-۲- مفروضات

پس از رایزنی با خبرگان و کارشناسان صنعت، مفروضات زیر در نظر گرفته می شود:

- زمان پردازش بر روی ماشین های مختلف مشخص و مقداری فازی است<sup>۳</sup>.
- ظرفیت هر منبع مشخص و مقداری فازی است<sup>۴</sup>.
- میزان درصد ضایعات هر ماشین مشخص و مقداری فازی است<sup>۵</sup>.
- ظرفیت کل خط وابسته به ظرفیت ایستگاه گلوگاه می باشد و با تغییر ظرفیت آن، ظرفیت کل خط دچار تغییر می شود.
- ضرایب بکار رفته در تابع هدف مقداری فازی می باشد.

### ۲-۳- تئوری محدودیت ها و شناسایی گلوگاه ها

در این بخش برای یافتن گلوگاه های سیستم از مفاهیم تئوری محدودیت ها که الگوریتم آن توسط نوری و همکاران (۱۳۸۹) بصورت زیر تشریح گردیده، استفاده می شود. پارامترهای زیر در الگوریتم مورد استفاده قرار گرفته اند:  $Z_q(t)$ : میزان پتانسیل تقاضای محصول نوع  $q$  در دوره  $t$   $\tilde{b}_m(t)$ : ظرفیت دستگاه  $m$  در دوره  $t$  که بصورت یک عدد فازی مثلثی تعریف می شود.  $\alpha_{qm}$ : زمان مورد نیاز برای پردازش محصول نوع  $q$  روی منبع  $m$  که یک عدد فازی مثلثی می باشد.

### ۲-۳-۱- شناسایی گلوگاه تولید ترکیبی فازی به کمک تئوری محدودیت ها

گام صفر: شروع

گام ۱: برای هر ایستگاه زمان پردازش را در میزان تقاضا (پتانسیل فروش) ضرب کنید.

$$Z_q(t) \cdot \tilde{\alpha}_{qm} = Z_q(t) \cdot \alpha_{qm1} \cdot Z_q(t) \cdot \alpha_{qm2} \cdot Z_q(t) \cdot \alpha_{qm3} \quad q=1, \dots, Q \quad m=1, \dots, M$$

گام ۲: مجموع زمان پردازشی را که در هر ایستگاه صرف می شود را بدست آورید. این عدد ظرفیت مورد نیاز هر ایستگاه جهت تأمین کل تقاضا را نشان می دهد.

$$\sum_{q=1}^Q Z_q(t) \cdot \tilde{\alpha}_{qm} = \sum_{q=1}^Q Z_q(t) \cdot \alpha_{qm1}$$

$$\sum_{q=1}^Q Z_q(t) \cdot \alpha_{qm2}, \sum_{q=1}^Q Z_q(t) \cdot \alpha_{qm3}$$

گام ۳: دو مجموعه با نام های گلوگاه و غیر گلوگاه تشکیل دهید. چنانچه تمام روابط زیر برای هر ایستگاه برقرار بود آن ایستگاه را در مجموعه غیر گلوگاه ها و در غیر این صورت آن را در مجموعه گلوگاه ها قرار دهید.

$$qm1 \leq b_{m1}(t) \sum_{q=1}^Q Z_q(t) \cdot \alpha$$

$$qm2 \leq b_{m2}(t) \sum_{q=1}^Q Z_q(t) \cdot \alpha$$

$$qm3 \leq b_{m3}(t) \sum_{q=1}^Q Z_q(t) \cdot \alpha$$

به این ترتیب و با استفاده از الگوریتم فوق می توان ایستگاه های گلوگاه را در هر دوره از سایر ایستگاه ها متمایز نمود.

## ۲-۴- مدل پیشنهادی بر مبنای برنامه ریزی آرمانی فازی و تئوری محدودیت ها

### ۲-۴-۱- مشخصه های متغیرهای تصمیم

جدول ۱ مشخصه های متغیرهای تصمیم را نشان می دهد:

جدول ۱. مشخصه های متغیرهای تصمیم

| اندیس | شرح                                                                | دامنه           |
|-------|--------------------------------------------------------------------|-----------------|
| T     | دوره ای که تولید در آن صورت می گیرد                                | 1,2,...,t,...,T |
| G     | نوع مفتول تولیدی در فرآیند کشش راد                                 | 1,2,...,g,...,G |
| C     | نوع مفتول تولیدی در فرآیند کشش اینترمیت                            | 1,2,...,c,...,C |
| F     | نوع مفتول تولیدی در فرآیند کشش فاین                                | 1,2,...,f,...,F |
| H     | سایز هادی تولیدی در فرآیند استرند                                  | 1,2,...,h,...,H |
| Z     | سایز هادی تولیدی در فرآیند بانچر                                   | 1,2,...,z,...,Z |
| I     | نوع عایق تولیدی                                                    | 1,2,...,i,...,I |
| J     | تعداد سیم هایی که در فرآیند تابیدن مورد استفاده قرار می گیرند.     | 1,2,...,j,...,J |
| K     | نوع بدینگ/فیلر/غلاف بکار رفته جهت روکش میانی و نهایی کابل          | 1,2,...,k,...,K |
| L     | نوع آرمور تولیدی                                                   | 1,2,...,l,...,L |
| R     | نوع اسکرین تولیدی                                                  | 1,2,...,r,...,R |
| Q     | نوع کابل تولیدی در مرحله نهایی                                     | 1,2,...,q,...,Q |
| m     | مشخصه دستگاه تولید که تعداد آن می تواند در هر ایستگاه متفاوت باشد. | 1,2,...,m,...,M |
| s     | مشخصه ایستگاه کاری                                                 | 1,2,...,s,...,S |



## ۲-۴-۲- متغیرهای تصمیم

در جدول ۲ متغیرهای تصمیم بر اساس مشخصه‌های تعریف شده آمده است.

جدول ۲. متغیرهای تصمیم

| نام متغیر       | شرح                                                                                            |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $X_{gm}(t)$     | مقدار تولید مفتول نوع g در دستگاه m از ایستگاه کشش راد در دوره t                               |
| $X_{cm}(t)$     | مقدار تولید مفتول نوع c در دستگاه m از ایستگاه کشش اینترمیدیت در دوره t                        |
| $X_{fm}(t)$     | مقدار تولید مفتول نوع f در دستگاه m از ایستگاه کشش فاین در دوره t                              |
| $X_{hm}(t)$     | مقدار تولید هادی با سایز h در دستگاه m از ایستگاه استرندر در دوره t                            |
| $X_{zm}(t)$     | مقدار تولید هادی با سایز z در دستگاه m از ایستگاه بانچر در دوره t                              |
| $X_{im}(t)$     | مقدار تولید سیم عایق شده از نوع i در دستگاه m از ایستگاه عایق‌زنی در دوره t                    |
| $X_{jm}(t)$     | مقدار تولید ز سیم تابیده شده در دستگاه m از ایستگاه تابنده‌ها در دوره t                        |
| $X_{kjm}(t)$    | مقدار تولید کابل با روکش میانی از نوع k حاوی ز سیم در دستگاه m از ایستگاه فیلر/بدینگ در دوره t |
| $X_{ljm}(t)$    | مقدار تولید کابل آرمور شده از نوع l حاوی ز سیم در دستگاه m از ایستگاه آرمورینگ در دوره t       |
| $X_{rjm}(t)$    | مقدار تولید کابل اسکرین شده از نوع r حاوی ز سیم در دستگاه m از ایستگاه اسکرین در دوره t        |
| $X_{qjm}(t)$    | مقدار تولید کابل از نوع q حاوی ز سیم که در مرحله روکش نهایی تفکیک می‌شود.                      |
| $Y_{sm}^{+}(t)$ | میزان اضافه کاری دستگاه m از ایستگاه s در دوره t بر حسب دقیقه                                  |
| $Y_{sm}^{-}(t)$ | میزان بیکاری دستگاه m از ایستگاه s در دوره t بر حسب دقیقه                                      |
| $U_{qj}(t)$     | تعداد قرقه تولید شده از کابل نوع q حاوی ز سیم در دوره t                                        |
| $O_{qj}^{+}(t)$ | تعداد قرقه تولید شده مازاد بر سفارش از کابل نوع q حاوی ز سیم در دوره t                         |
| $O_{qj}^{-}(t)$ | تعداد قرقه تولید شده کمتر از سفارش از کابل نوع q حاوی ز سیم در دوره t                          |
| $W^{+}(t)$      | میزان موجودی بیشتر از ظرفیت تعیین شده کابل با روکش میانی در دوره t                             |
| $W^{-}(t)$      | میزان موجودی کمتر از ظرفیت تعیین شده کابل با روکش میانی در دوره t                              |

## ۲-۴-۳- پارامترهای مدل ریاضی

جدول ۳ پارامترهای مدل ریاضی تحقیق حاضر را نشان می‌دهد.

### جدول ۳: پارامترهای مدل

| پارامتر                 | شرح                                                                                                                                                                                          |
|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\tilde{\alpha}_{gm}$   | زمان مورد نیاز برای تولید مفتول نوع $g$ در دستگاه $m$ از ایستگاه کشش راد که یک عدد فازی مثلثی بصورت $(\alpha_{1gm}, \alpha_{2gm}, \alpha_{3gm})$ می باشد.                                    |
| $\tilde{\alpha}_{cm}$   | زمان مورد نیاز برای تولید مفتول نوع $c$ در دستگاه $m$ از ایستگاه کشش اینترمدیت که یک عدد فازی مثلثی بصورت $(\alpha_{1cm}, \alpha_{2cm}, \alpha_{3cm})$ می باشد.                              |
| $\tilde{\alpha}_{fm}$   | زمان مورد نیاز برای تولید مفتول نوع $f$ در دستگاه $m$ از ایستگاه کشش فاین که یک عدد فازی مثلثی بصورت $(\alpha_{1fm}, \alpha_{2fm}, \alpha_{3fm})$ می باشد.                                   |
| $\tilde{\alpha}_{hm}$   | زمان مورد نیاز برای تولید هادی با سایز $h$ در دستگاه $m$ از ایستگاه استرنر که یک عدد فازی مثلثی بصورت $(\alpha_{1hm}, \alpha_{2hm}, \alpha_{3hm})$ می باشد.                                  |
| $\tilde{\alpha}_{zm}$   | زمان مورد نیاز برای تولید هادی با سایز $z$ در دستگاه $m$ از ایستگاه بانچر که یک عدد فازی مثلثی بصورت $(\alpha_{1zm}, \alpha_{2zm}, \alpha_{3zm})$ می باشد.                                   |
| $\tilde{\alpha}_{im}$   | زمان مورد نیاز برای تولید سیم نوع $i$ در دستگاه $m$ از ایستگاه عایق زنی که یک عدد فازی مثلثی بصورت $(\alpha_{1im}, \alpha_{2im}, \alpha_{3im})$ می باشد.                                     |
| $\tilde{\alpha}_{jm}$   | زمان مورد نیاز برای تولید $j$ سیم تابیده شده در دستگاه $m$ از ایستگاه تابنده ها که یک عدد فازی مثلثی بصورت $(\alpha_{1jm}, \alpha_{2jm}, \alpha_{3jm})$ می باشد.                             |
| $\tilde{\alpha}_{kjm}$  | زمان مورد نیاز برای تولید کابل با روکش میانی از نوع $k$ حاوی $j$ سیم در دستگاه $m$ از ایستگاه فیلر/بدینگ که یک عدد فازی مثلثی بصورت $(\alpha_{1kjm}, \alpha_{2kjm}, \alpha_{3kjm})$ می باشد. |
| $\tilde{\alpha}_{lijm}$ | زمان مورد نیاز برای تولید کابل آرمور شده از نوع $i$ حاوی $j$ سیم در دستگاه $m$ از ایستگاه آرمورینگ که یک عدد فازی مثلثی بصورت $(\alpha_{1lijm}, \alpha_{2lijm}, \alpha_{3lijm})$ می باشد.    |
| $\tilde{\alpha}_{rijm}$ | زمان مورد نیاز برای تولید کابل اسکرین شده از نوع $r$ حاوی $j$ سیم در دستگاه $m$ از ایستگاه اسکرین که یک عدد فازی مثلثی بصورت $(\alpha_{1rijm}, \alpha_{2rijm}, \alpha_{3rijm})$ می باشد.     |
| $\tilde{\alpha}_{qjlm}$ | زمان مورد نیاز برای تولید کابل از نوع $q$ حاوی $j$ سیم در مرحله نهایی که یک عدد فازی مثلثی بصورت $(\alpha_{1qjlm}, \alpha_{2qjlm}, \alpha_{3qjlm})$ می باشد.                                 |
| $\tilde{H}_s(t)$        | مجموع زمان در دسترس ایستگاه کاری $s$ در دوره $t$ که یک عدد فازی مثلثی بصورت $(h_{1s}, h_{2s}, h_{3s})$ می باشد.                                                                              |
| $\tilde{Y}_{sm}(t)$     | مجموع زمان اضافه کاری در دسترس دستگاه $m$ از ایستگاه کاری $s$ در دوره $t$                                                                                                                    |
| $\tilde{Y}_{sm}$        | میزان ضایعات دستگاه $m$ از ایستگاه کاری $s$ که یک عدد فازی مثلثی بصورت $(Y_{1sm}, Y_{2sm}, Y_{3sm})$ می باشد                                                                                 |
| $\lambda_{cm}$          | ضریب ازدیاد طول جهت تولید مفتول نوع $c$ در دستگاه $m$ از ایستگاه کشش اینترمدیت                                                                                                               |
| $\lambda_{fm}$          | ضریب ازدیاد طول جهت تولید مفتول نوع $f$ در دستگاه $m$ از ایستگاه کشش فاین                                                                                                                    |
| $\lambda_{hm}$          | ضریب کاهش طول جهت تولید هادی با سایز $h$ در دستگاه $m$ از ایستگاه استرنر                                                                                                                     |
| $\lambda_{zm}$          | ضریب کاهش طول جهت تولید هادی با سایز $z$ در دستگاه $m$ از ایستگاه بانچر                                                                                                                      |
| $\lambda_{jm}$          | ضریب کاهش طول جهت تولید $j$ سیم تابیده شده در دستگاه $m$ از ایستگاه تابنده ها                                                                                                                |
| $W_s(t)$                | ظرفیت موجودی محصولات تولیدی ایستگاه کاری $s$ در دوره $t$                                                                                                                                     |
| $\theta_{qj}$           | کیلومتر کابل نوع $q$ حاوی $j$ سیم که بر روی یک قرقره قرار می گیرد.                                                                                                                           |
| $O_{qj}(t)$             | میزان سفارش تولید کابل نوع $q$ حاوی $j$ سیم در دوره $t$ بر حسب تعداد قرقره                                                                                                                   |
| $I_g(t-1)$              | مقدار موجودی مفتول نوع $g$ در پایان دوره $t-1$                                                                                                                                               |
| $I_c(t-1)$              | مقدار موجودی مفتول نوع $c$ در پایان دوره $t-1$                                                                                                                                               |
| $I_f(t-1)$              | مقدار موجودی مفتول نوع $f$ در پایان دوره $t-1$                                                                                                                                               |
| $I_h(t-1)$              | مقدار موجودی هادی با سایز $h$ در پایان دوره $t-1$                                                                                                                                            |
| $I_z(t-1)$              | مقدار موجودی هادی با سایز $z$ در پایان دوره $t-1$                                                                                                                                            |
| $I_i(t-1)$              | مقدار موجودی سیم نوع $i$ در پایان دوره $t-1$                                                                                                                                                 |
| $I_j(t-1)$              | مقدار موجودی $j$ سیم تابیده شده در پایان دوره $t-1$                                                                                                                                          |
| $I_{kj}(t-1)$           | مقدار موجودی کابل با روکش میانی از نوع $k$ حاوی $j$ سیم در پایان دوره $t-1$                                                                                                                  |
| $I_{lj}(t-1)$           | مقدار موجودی کابل آرمور شده از نوع $l$ حاوی $j$ سیم در پایان دوره $t-1$                                                                                                                      |
| $I_{rj}(t-1)$           | مقدار موجودی کابل اسکرین شده از نوع $r$ حاوی $j$ سیم در پایان دوره $t-1$                                                                                                                     |
| $I_{qj}(t-1)$           | مقدار موجودی کابل با روکش نهایی از نوع $q$ حاوی $j$ سیم در پایان دوره $t-1$                                                                                                                  |
| $P_h$                   | تعداد مفتول به هم تابیده شده جهت ساخت هادی با سایز $h$                                                                                                                                       |
| $P_z$                   | تعداد مفتول به هم تابیده شده جهت ساخت هادی با سایز $z$                                                                                                                                       |
| $P_j$                   | تعداد رشته سیم به هم تابیده شده                                                                                                                                                              |



#### ۴-۲-۴- مدل برنامه‌ریزی آرمانی فازی و تئوری محدودیت‌ها

با مشخص شدن متغیرها، پارامترها و محدودیت‌ها، مدل آرمانی فازی برنامه‌ریزی تولید با در نظر گرفتن سه آرمان تشریح شده در فصل قبل (برآوردن سفارشات تا حد امکان، حد اقل نمودن ساعات بیکاری دستگاه‌ها، حداقل نمودن موجودی کابل اضافه بر ظرفیت

دارای روکش میانی) به شرح زیر قابل طراحی می‌باشد:  
 $\vec{d}_1$ ،  $\vec{d}_2$  و  $\vec{d}_3$  ضرایب آرمان‌ها مبین میزان اهمیت هر آرمان را می‌باشند و بصورت عدد فازی مثلثی تعریف شده‌اند.  
 $\beta$  و  $\gamma$  جهت افزایش اهمیت ایستگاه‌های گلوگاه در آرمان‌های مورد نظر بکار می‌روند و بصورت زیر تعریف می‌شوند:

$$\beta = \begin{cases} 2 & \text{دستگاه } m \text{ از ایستگاه } S \text{ گلوگاه باشد} \\ 1 & \text{دستگاه } m \text{ از ایستگاه } S \text{ گلوگاه نباشد} \end{cases} \quad V = \begin{cases} 2 & \text{محصول } q \text{ از ایستگاه گلوگاه نگذرد} \\ 1 & \text{محصول } q \text{ از حداقل یک ایستگاه گلوگاه کند} \end{cases}$$

$$\text{Min } Z = d_1 \sum_{q=1}^Q \sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^T (O_{qj}^-(t))^{\gamma} + d_2 \sum_{s=1}^S \sum_{m=1}^M \sum_{t=1}^T (Y_{sm}^-(t))^{\beta} + d_3 \sum_{t=1}^T W^+(t) \\ \text{s.t. :}$$

(۱) محدودیت‌های ظرفیت:

$$\sum_{m=1}^M (\sum_{g=1}^G \tilde{\alpha}_{gm} \cdot X_{gm}(t) + Y_{sm}^-(t) - Y_{sm}^+(t)) = \tilde{H}_s(t) \quad s=1, \forall t \quad (1-1)$$

$$\sum_{m=1}^M (\sum_{c=1}^C \tilde{\alpha}_{cm} \cdot X_{cm}(t) + Y_{sm}^-(t) - Y_{sm}^+(t)) = \tilde{H}_s(t) \quad s=2, \forall t \quad (1-2)$$

$$\sum_{m=1}^M (\sum_{f=1}^F \tilde{\alpha}_{fm} \cdot X_{fm}(t) + Y_{sm}^-(t) - Y_{sm}^+(t)) = \tilde{H}_s(t) \quad s=3, \forall t \quad (1-3)$$

$$\sum_{m=1}^M (\sum_{h=1}^H \tilde{\alpha}_{hm} \cdot X_{hm}(t) + Y_{sm}^-(t) - Y_{sm}^+(t)) = \tilde{H}_s(t) \quad s=4, \forall t \quad (1-4)$$

$$\sum_{m=1}^M (\sum_{z=1}^Z \tilde{\alpha}_{zm} \cdot X_{zm}(t) + Y_{sm}^-(t) - Y_{sm}^+(t)) = \tilde{H}_s(t) \quad s=5, \forall t \quad (1-5)$$

$$\sum_{m=1}^M (\sum_{i=1}^I \tilde{\alpha}_{im} \cdot X_{im}(t) + Y_{sm}^-(t) - Y_{sm}^+(t)) = \tilde{H}_s(t) \quad s=6, \forall t \quad (1-6)$$

$$\sum_{m=1}^M (\sum_{j=1}^J \tilde{\alpha}_{jm} \cdot X_{jm}(t) + Y_{sm}^-(t) - Y_{sm}^+(t)) = \tilde{H}_s(t) \quad s=7, \forall t \quad (1-7)$$

$$\sum_{m=1}^M (\sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^J \tilde{\alpha}_{kjm} \cdot X_{kjm}(t) + Y_{sm}^-(t) - Y_{sm}^+(t)) = \tilde{H}_s(t) \quad s=8, \forall t \quad (1-8)$$

$$\sum_{m=1}^M (\sum_{l=1}^L \sum_{j=1}^J \tilde{\alpha}_{ljm} \cdot X_{ljm}(t) + Y_{sm}^-(t) - Y_{sm}^+(t)) = \tilde{H}_s(t) \quad s=9, \forall t \quad (1-9)$$

$$\sum_{m=1}^M (\sum_{r=1}^R \sum_{j=1}^J \tilde{\alpha}_{rjm} \cdot X_{rjm}(t) + Y_{sm}^-(t) - Y_{sm}^+(t)) = \tilde{H}_s(t) \quad s=10, \forall t \quad (1-10)$$

$$\sum_{m=1}^M (\sum_{q=1}^Q \sum_{j=1}^J \tilde{\alpha}_{qjm} \cdot X_{qjm}(t) + Y_{sm}^-(t) - Y_{sm}^+(t)) = \tilde{H}_s(t) \quad s=11, \forall t \quad (1-11)$$

$$Y_{sm}^+(t) \leq Y'_{sm}(t)$$

## ۲- محدودیت‌های بالانس:

قبل از اینکه به تشریح محدودیت‌های بالانس بپردازیم، لازم است برخی موارد روشن گردد:

الف) در مورد ایستگاه‌هایی نظیر کشش اینترمدیت، اکسترودر (عایق)، تابنده، اکسترودر (بدینگ)، نوع محصول تولید شده در این ایستگاه‌ها بنابر نیاز ایستگاه‌های بعدی تعیین‌کننده روند جریان یافتن محصولات نیمه ساخته در فرآیند تولید می‌باشد. لذا به عنوان مثال ممکن است از C محصول قابل تولید در ایستگاه کشش

اینترمدیت، بخشی از آن وارد ایستگاه استرندر و بخشی دیگر وارد ایستگاه کشش فاین گردد.

ب) عکس مطلب فوق نیز در مورد برخی از ایستگاه‌ها نظیر اکسترودر (عایق) و تابنده مصداق می‌یابد. به عبارتی برخی از محصولات وارد شده به ایستگاه اکسترودر از ایستگاه استرندر و برخی دیگر از بانچر گذشته‌اند.

لذا در تعریف محدودیت مربوط به ایستگاه، اندیس i در مورد دودسته محصول وارد شده به ایستگاه اکسترودر (عایق) تفکیک می‌شود.

$$\sum_{m=m}^M (1 - \gamma_{sm}) . X_{gm}(t) + I_g(t-1) = \sum_{m=m}^M \sum_{c=1}^C \lambda_{cm} . X_{cm}(t) \quad (2-1)$$

$$\sum_{m=m}^M (1 - \gamma_{sm}) . X_{cm}(t) + I_c(t-1) = \sum_{m=m}^M \sum_{f=1}^F \lambda_{fm} . X_{fm}(t) \quad (2-2)$$

$$\sum_{m=m}^M (1 - \gamma_{sm}) . X_{cm}(t) + I_c(t-1) = \sum_{m=m}^M \sum_{h=1}^H P_h . \lambda_{hm} . X_{hm}(t) \quad (2-3)$$

$$\sum_{m=m}^M (1 - \gamma_{sm}) . X_{fm}(t) + I_f(t-1) = \sum_{m=m}^M \sum_{z=1}^Z P_z . \lambda_{zm} . X_{zm}(t) \quad (2-4)$$

$$\sum_{m=m}^M (1 - \gamma_{sm}) . X_{sm}(t) + I_s(t-1) = \sum_{m=m}^M \sum_{i=1}^I X_{im}(t) \quad (2-5)$$

$$\sum_{m=m}^M (1 - \gamma_{sm}) . X_{hm}(t) + I_h(t-1) = \sum_{m=m}^M \sum_{i=1}^I X_{im}(t) \quad (2-6)$$

$$\sum_{m=m}^M (1 - \gamma_{sm}) . X_{im}(t) + I_i(t-1) = \sum_{m=1}^M \sum_{j=1}^J P_j . \lambda_{jm} . X_{jm}(t) \quad (2-7)$$

$$\sum_{m=m}^M (1 - \gamma_{sm}) . X_{jm}(t) + I_j(t-1) = \sum_{m=m}^M \sum_{q=1}^Q X_{qjm}(t) \quad (2-8)$$

$$\sum_{m=m}^M (1 - \gamma_{sm}) . X_{im}(t) + I_i(t-1) = \sum_{m=m}^M \sum_{q=1}^Q X_{qjm}(t) \quad (2-9)$$

$$\sum_{m=m}^M (1 - \gamma_{sm}) . X_{jm}(t) + I_j(t-1) = \sum_{m=1}^M \sum_{k=1}^K X_{kjm}(t) \quad (2-10)$$

$$\sum_{m=m}^M (1 - \gamma_{sm}) . X_{kjm}(t) + I_{kj}(t-1) = \sum_{m=1}^M \sum_{l=1}^L X_{ljm}(t) \quad (2-11)$$

$$\sum_{m=m}^M (1 - \gamma_{sm}) . X_{kjm}(t) + I_{kj}(t-1) = \sum_{m=1}^M \sum_{q=1}^Q X_{qjm}(t) \quad (2-12)$$

$$\sum_{m=m}^M (1 - \gamma_{sm}) . X_{kjm}(t) + I_{kj}(t-1) = \sum_{m=1}^M \sum_{r=1}^R X_{rjm}(t) \quad (2-13)$$

$$\sum_{m=m}^M (1 - \gamma_{sm}) . X_{ljm}(t) + I_{lj}(t-1) = \sum_{m=m}^M \sum_{q=1}^Q X_{qjm}(t) \quad (2-14)$$

$$\sum_{m=m}^M (1 - \gamma_{sm}) . X_{rjm}(t) + I_{rj}(t-1) = \sum_{m=m}^M \sum_{q=1}^Q X_{qjm}(t) \quad (2-15)$$

## ۳) محدودیت‌های موجودی پایان دوره:

$$\sum_{m=1}^M \sum_{g=1}^G (1 - \gamma_{sm}) . X_{gm}(t) + \sum_{g=1}^G I_g(t-1) \leq W_s(t) s=1, \forall t \quad (3-1)$$

$$\sum_{m=1}^M \sum_{c=1}^C (1 - \gamma_{sm}) . X_{cm}(t) + \sum_{c=1}^C I_c(t-1) \leq W_s(t) s=2, \forall t \quad (3-2)$$

$$\sum_{m=1}^M \sum_{f=1}^F (1 - \gamma_{sm}) . X_{fm}(t) + \sum_{f=1}^F I_f(t-1) \leq W_s(t) s=3, \forall t \quad (3-3)$$

$$\sum_{m=1}^M \sum_{h=1}^H (1 - \gamma_{sm}) . X_{hm}(t) + \sum_{h=1}^H I_h(t-1) \leq W_s(t) s=4, \forall t \quad (3-4)$$

$$\sum_{m=1}^M \sum_{z=1}^Z (1 - \gamma_{sm}) . X_{zm}(t) + \sum_{z=1}^Z I_z(t-1) \leq W_s(t) s=5, \forall t \quad (3-5)$$

$$\sum_{m=1}^M \sum_{i=1}^I (1 - \gamma_{sm}) . X_{im}(t) + \sum_{i=1}^I I_i(t-1) \leq W_s(t) s=6, \forall t \quad (3-6)$$

$$\sum_{m=1}^M \sum_{j=1}^J (1 - \gamma_{sm}) . X_{jm}(t) + \sum_{j=1}^J I_j(t-1) \leq W_s(t) s=7, \forall t \quad (3-7)$$

$$\sum_{m=1}^M \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K (1 - \gamma_{sm}) . X_{kjm}(t) + \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K I_{kj}(t-1) + W_{kj}^-(t) - W_{kj}^+(t) = W_s(t) s=8, \forall t \quad (3-8)$$

$$\sum_{m=1}^M \sum_{j=1}^J \sum_{l=1}^L (1 - \gamma_{sm}) . X_{ljm}(t) + \sum_{j=1}^J \sum_{l=1}^L I_{lj}(t-1) \leq W_s(t) s=9, \forall t \quad (3-9)$$

$$\sum_{m=1}^M \sum_{j=1}^J \sum_{r=1}^R (1 - \gamma_{sm}) . X_{rjm}(t) + \sum_{j=1}^J \sum_{r=1}^R I_{rj}(t-1) \leq W_s(t) s=10, \forall t \quad (3-10)$$



گام ۳- درجه عضویت هر راه حل بهینه با مطلوبیت  $\beta$  به صورت زیر محاسبه می گردد :

$$=0.64*0.7=0.45\mu_{\tilde{D}}(Z^0(0.7))$$

$$=0.64*0.8=0.51\mu_{\tilde{D}}(Z^0(0.8))$$

$$=0.63*0.9=0.57\mu_{\tilde{D}}(Z^0(0.9))$$

$$=0.54*1=0.54\mu_{\tilde{D}}(Z^0(1))$$

با توجه به مقادیر حاصل شده در گام سوم مشخص شد که مساله در مقدار  $\beta = 0/9$  از بالاترین میزان درجه عضویت به میزان  $0/57$  برخوردار می باشد و جهت تصمیم گیری می بایست از نتایجی که به لحاظ سطح پذیرش نیز جزء جواب های عملاً قابل قبول قرار می گیرد استفاده نمود. برای محاسبه مقدار ارزش مورد انتظار  $Z^0(0.9)$  از رابطه استفاده می شود:

### ۳- بررسی سؤال پژوهشی

جهت بررسی اینکه آیا مدل ترکیبی برنامه ریزی آرمانی فازی و تئوری محدودیت می تواند مدل مناسبی برای برنامه ریزی تولید شرکت های کابل سازی باشد، نتایج حاصل از حل مدل حاضر با مدل آرمانی با متغیرها و ضرایب غیر فازی مبتنی بر داده های گذشته شرکت مورد مقایسه قرار گرفته است که نتایج آن به شرح زیر می باشد.

### جدول ۵. مقایسه روش های مختلف برای حل مساله برنامه ریزی تولید

| برنامه ریزی آرمانی فازی | برنامه ریزی آرمانی قطعی | سنی    | شرح روش            |
|-------------------------|-------------------------|--------|--------------------|
| ۲۸۹۰۱۹                  | ۲۷۹۸۹۲                  | ۳۲۴۲۸۰ | مقدار تابع هدف (Z) |

۴) محدودیت های مربوط به برآوردن سفارشات:

$$\sum_{m=1}^m (1 - \gamma_{sm}) . X_{qjm} + I_{qj}(t-1) = \theta_{qj} . U_{qj}(t) \quad (4-1)$$

$$U_{qj}(t) - O_{qj}^+(t) + O_{qj}^-(t) = O_{qj}^{\square}(t) \quad (4-2)$$

$$\text{All variables} \geq 0, U_{qj}(t) \in Z$$

### ۵-۲- حل مساله برنامه ریزی آرمانی فازی

این پژوهش برای حل مساله از روش پیشنهادی آرناس و همکاران<sup>۶</sup> (۲۰۰۵) استفاده نموده است. لازم به ذکر است که با نظر مدیریت شرکت تنها جواب های با مقدار  $\beta$  بزرگتر از  $0/6$  بررسی شده اند. جهت حل مدل پیشنهادی از نرم افزار Lingo 11 استفاده شده است.

### جدول ۴. جواب های بهینه قابل قبول در سطح پذیرش $\beta$

| $\beta$ | $Z^0(\beta)$             |
|---------|--------------------------|
| 0/7     | (268120, 283011, 320821) |
| 0/8     | (268280, 283157, 320890) |
| 0/9     | (268431, 283297, 321051) |
| 1       | (273376, 289221, 325980) |

گام ۱- با توجه به تصمیم مدیریت شرکت، تابع عضویت قابل قبول برای تابع هدف به صورت زیر تعریف شده است :

$$\mu_{\tilde{D}}(z) = \begin{cases} 0 & Z \leq 268120 \\ \frac{325980 - z}{325980 - 268120} & 268120 \leq z \leq 325980 \\ 1 & Z \geq 325980 \end{cases}$$

گام ۲- شاخص سازگاری هر راه حل به صورت زیر محاسبه گردیده است:

$$=0.64K_{\tilde{G}}(Z^0(0.7))$$

$$=0.64K_{\tilde{G}}(Z^0(0.8))$$

$$=0.63K_{\tilde{G}}(Z^0(0.9))$$

$$=0.54K_{\tilde{G}}(Z^0(1))$$

سعی نماید مقادیر تولید هر دستگاه را به گونه‌ای تعیین نماید تا ضمن اینکه در ایستگاه گلوگاه با کمترین میزان بیکاری مواجه باشیم، با کمترین میزان موجودی نیمه ساخته قبل از ایستگاه گلوگاه مواجه بوده و مقادیر تولید هر ماشین بر اساس ظرفیت ایستگاه گلوگاه تنظیم گردد. همچنین با توجه به سیاست شرکت، مدل پیشنهادی قادر خواهد بود محصولاتی را که از ایستگاه‌های گلوگاه عبور نمی‌کنند را با اولویت بیشتری تولید نماید.

#### پی‌نوشت‌ها:

1- kettani

2- Chan

۳- در واقعیت کمتر دیده می‌شود که زمان‌های پردازش، قطعی و مشخص باشند و هیچ شنآوری و انعطافی نداشته باشند. این پدیده مخصوصاً زمانی که میزان اتوماسیون کمتر بوده و نقش انسان در تولید پر رنگ تر است و نیز در مواقعی که حجم تولید بالا است، بیشتر دیده می‌شود.

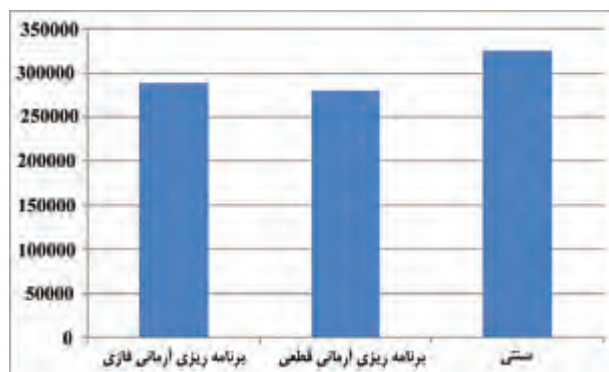
۴- در یک سیستم تولیدی معمولاً اطلاعات دقیقی از زمان پردازش و ظرفیت تولید وجود نداشته و می‌بایست برای برنامه‌ریزی‌های هر چه دقیق تر از پارامترهای غیر قطعی استفاده نمود تا در مواقع لزوم بتوان واکنش‌های مناسب‌تری را به رخدادهای مختلف نشان داد.

۵- با توجه به نقش انکار ناپذیر عامل انسانی در بوجود آمدن ضایعات در حین پروسه تولید، این پارامتر مخصوصاً در زمانی که میزان اتوماسیون ماشین‌آلات کمتر باشد دارای عدم قطعیت خواهد بود.

6- Mar Arenas, Amelia Bilbao, Victoria Rodriguez

#### منابع:

۱. آذر، عادل؛ الوانی، سید مهدی (۱۳۸۸). "روش شناسی پژوهش کمی در مدیریت"، انتشارات اشراقی.
۲. نوری، سپهر؛ صادقیان، رامین؛ سموئی، پروانه (۱۳۸۹). مقایسه عملکرد تئوری محدودیت‌ها با برنامه‌ریزی خطی فازی در مسائل تولید ترکیبی"، نشریه بین‌المللی مهندسی صنایع و مدیریت تولید، شماره ۲، جلد ۲۱.
3. Gharegozli, R.; Tavakoli Moghadam, KH.; Rabbani, A. (2008). "A fuzzy mixed-integer goal programming model for a parallel machine scheduling problem with sequencedependent setup times and release dates". Journal of Industrial Engineering International, Vol. 4, No. 7, 38-47.



#### نمودار ۲. مقایسه روش‌های مختلف برای حل مساله برنامه‌ریزی تولید

همانطور که از مشاهده نمودار فوق نمایان است، استفاده از مدل تحقیق توانسته است که به انحرافات نامساعد کمتری نسبت به روش رایج شرکت دست یابد. با وجود اینکه مدل برنامه‌ریزی آرمانی قطعی نسبت به مدل برنامه‌ریزی آرمانی فازی انحرافات نامساعد کمتری را داشته است ولی این نکته حائز اهمیت است که در محیط واقعی که با مواردی نظیر انسان، ماشین‌آلات و ... سرو کار داریم، نمی‌توان به مدل‌های قطعی اکتفا کرد و می‌بایست از مدل‌های فازی که به واقعیت نزدیک‌تر می‌باشند استفاده نمود.

#### ۴- نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از بکارگیری مدل پیشنهادی کاهش یازده درصدی انحراف از آرمان‌های شرکت را در بر داشته است. از آنجایی که برنامه‌ریزی به صورت سنتی و ذهنی چندین روز از وقت مدیران ارشد شرکت را به خود اختصاص می‌دهد، پژوهش حاضر می‌تواند با ارایه مدلی منعطف به محاسبه میزان تولید مناسب هر ماشین، میزان اضافه کاری مورد نیاز، میزان بیکاری ماشین‌آلات پرداخته و ضمن بازگرداندن زمان‌های اضافی صرف شده برای برنامه‌ریزی تولید به چرخه کار مفید سازمان، این امکان را به آنان برای اندیشیدن به مسائل کلان و مهم‌تر شرکت فراهم نماید.

مدل پیشنهادی با بهره‌گیری از مفاهیم تئوری فازی، امکان استفاده از نتایج تحقیق را در محیط واقعی فراهم می‌نماید، حال آنکه مدل‌های قطعی به این دلیل که کلیه پارامترهای مدل را با قطعیت در نظر می‌گیرند، در عالم واقعیت از کارایی کمتری برخوردار خواهند بود. (قاضی نوری و همکاران، ۱۳۸۹)

همچنین بهره‌گیری از مفاهیم تئوری محدودیت‌ها در این پژوهش توانسته است ضمن شناسایی محدودیت‌ها و گلوگاه‌های سیستم،



- proach for fuzzy multi-period production planning problem with credibility objective", Applied Mathematical Modelling 34: 3202–3215.
8. Leung, C.H.; Chan, S.W. (2009); "A goal programming model for aggregate production planning with resource utilization constraint", Computers & Industrial Engineering 56: 1053–1064.
  9. Prakash, M.K. Tiwari, R. Shankar and Felix T.S. Chan, (2005) "Hybrid tabu-simulated annealing based approach to solve multi-constraint product mix decision problem ", Expert Systems with Applications, 29, 446-454.
  4. Hall R. (2002); "Enterprise resource planning systems and organizational change: transforming work organization?", International Journal of Strategic Change, Vol1, PP:263-270.
  5. Jamalnia, A.; Soukhakian, M.A. (2010). "A hybrid fuzzy goal programming approach with different goal priorities to aggregate production planning". Computers & Industrial Engineering 56 :1474–1486.
  6. Kettani O. (2001); "Goal programming model: A glorious history and a promising future ", Eur. J. Oper. Res., 133: 225-231.
  7. Lan, Y.; Liu, Y. (2010). "An approximation-based ap-

## نظرخواهی

اعضای هیئت تحریریه نشریه به منظور ارتقاء سطح کیفی مطالب مندرج در نشریه به آگاهی از نظریات و پیشنهادهای مخاطبین محترم نیاز دارند.

بنابراین از خوانندگان عزیز تقاضا می‌شود با ارایه نقطه نظرات، پیشنهادهای و انتقادهای خود، ما را در این زمینه یاری فرمایند.

دریافت پیشنهادهای کتبی، راهگشای ما در تدوین مطالب مورد نظر شما در شماره‌های آینده نشریه خواهد بود.

# انتخاب برند برتر تولید کننده در صنعت سیم و کابل ایران در کنفرانس بین المللی آلومینیوم اردیبهشت ۱۳۹۷، هتل المپیک تهران

گزارشی از: مهندس غلامرضا فلاح نژاد (کارشناس مهندسی متالورژی - کارشناس ارشد مدیریت کسب و کار)

انتخاب و معرفی برندهای برتر صنایع پایین دستی آلومینیوم کشور نیز انجام شد.

براین اساس کارگروهی متشکل از کمیته تخصصی تولیدکنندگان مفتول و سیم با دعوت از کلیه تولیدکنندگان کشور و انتخاب کمیته داوران از متخصصین این صنعت شکل گرفت و در نهایت با کارشناسی متخصصین این صنعت به مدت سه ماه پارامترهای مورد نظر بشرح زیر تدوین و جهت خوداظهاری تولیدکنندگان برای آنها ارسال گردید. در مواردی که رقبا خیلی بهم نزدیک بودند از کارخانجات فوق به صورت تیم کارشناسی بازدید حضوری انجام گرفت. تا ضمن سنجش کمی و کیفی معیارهایی که جهت انتخاب برند برتر لحاظ شده بود بتوان از نزدیک با شیوه مدیریت و جو حاکم آشنا شد. در نهایت تعیین برند تولیدکننده برتر مفتول و سیم آلومینیوم آلیاژی مورد تأیید کمیته تخصصی کنفرانس قرار گرفت.

همانطور که می دانیم برندینگ روش هوشمندانه کارآفرینی و تولید ثروت است. برندسازی دانشی است که با برتری دادن به یک نام تجاری، باعث افزایش اعتبار و شهرت بنگاه صنعتی در بازار رقابت می شود. اعتبار و شهرت یک برند به طور مستقیم می تواند منجر به فروش بیشتر و قیمت گران تر محصولات و خدمات شود.

صنعت برق به عنوان صنعت زیربنایی و مادر نقش مهمی در توسعه اقتصادی و رفاه کشور دارد. در میان فضای کسب و کار صنعت برق، صنعت سیم کابل از اهمیت ویژه و استراتژیکی برخوردار بوده و نقش بسزائی در توسعه این صنعت دارد. با توجه به اهمیت پتانسیل مصرف سالیانه حداقل یکصد هزارتن آلومینیوم در صنعت سیم و کابل ایران مقرر شد در کنفرانس بین المللی آلومینیوم که در روزهای ۴ و ۵ اردیبهشت ماه سال جاری که با حمایت وزارت صنعت، معدن و تجارت، ایمیدرو، مرکز تحقیقات آلومینیوم کشور، سندیکای صنایع آلومینیوم ایران و کلیه تولیدکنندگان صنعت آلومینیوم برگزار گردید،

## الف) جدول ۱. امتیازات بر اساس الگوی شبیه سازی EFQM برای انتخاب برند برتر شرکت تولیدکننده هادی های آلومینیوم آلیاژی

| بخش               | عوامل هر بخش            | حداکثر امتیاز | زیربندها                                                                   | حداکثر امتیاز |
|-------------------|-------------------------|---------------|----------------------------------------------------------------------------|---------------|
| چهارم (۵۰ امتیاز) | سیستم ERP               | ۵۰            | بهره گیری از نرم افزارهای مناسب داخلی یا خارجی                             | ۲۰            |
|                   |                         |               | استقرار واحد برنامه ریزی و کنترل تولید                                     | ۱۵            |
|                   |                         |               | امکان رهگیری محصولات تولید شده از ابتدا تا انتهای تولید و تحویل به مشتریان | ۱۵            |
|                   | نیروی انسانی متخصص      | ۷۰            | داشتن کارشناس در رشته های مرتبط (بیشترین تعداد)                            | ۲۰            |
|                   |                         |               | سابقه کار مفید در صنعت سیم و کابل (بیشترین سابقه)                          | ۲۰            |
|                   |                         |               | نسبت نیروی متخصص به کل (بالاترین)                                          | ۳۰            |
|                   | آزمایشگاه و کنترل کیفیت | ۷۰            | وجود و جاری سازی QC Plan در سیستم کنترل کیفیت                              | ۱۵            |
|                   |                         |               | پرسنل کلیدی آزمایشگاه و سوابق کاری آنها در زمینه تولید مفتول و هادی آلیاژی | ۱۰            |
|                   |                         |               | تجهیزات آزمایشگاه و سوابق مکالمات پرسون آنها                               | ۲۰            |
|                   |                         |               | تجهیزات خاص آزمایشگاه در راستای ارتقای کیفیت مفتول و سیم آلیاژی            | ۲۵            |



| بخش                          | عوامل هر بخش     | حداکثر امتیاز | زیربندها                                                                                                 | حداکثر امتیاز |
|------------------------------|------------------|---------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| توانمندساز ها (۵۰ امتیاز)    | تحقیق و توسعه    | ۸۰            | انجام تحقیقات و تحقق تولید مفتول و سیم آلیاژی ۶۱۰۱ (با ارایه محصول و گواهینامه تایپ تست)                 | ۱۵            |
|                              |                  |               | انجام تحقیقات و تحقق تولید مفتول و سیم آلیاژی ۶۲۰۱ (با ارایه محصول و گواهینامه تایپ تست)                 | ۱۵            |
|                              |                  |               | ارایه مقالات تحقیقاتی در کنفرانس های ملی و بین المللی در رابطه با هادی های آلیاژی و مزایای بکارگیری آنها | ۱۰            |
|                              |                  |               | تعداد نیروی انسانی در زمینه تولید مفتول و هادی آلیاژی                                                    | ۵             |
|                              |                  |               | طرح و توسعه به منظور ارتقای توان ملی در تولیدات محصولات جدید بخصوص هادی های آلیاژی                       | ۵             |
|                              |                  |               | تعداد محصولات تجاری سازی شده جدید آلیاژی                                                                 | ۲۰            |
|                              |                  |               | درآمد حاصل از تحقیق و توسعه و تولیدات محصولات جدید آلیاژی                                                | ۱۰            |
|                              | تولید            | ۹۰            | میانگین تولید وزنی از ابتدای مهر ۹۴ تا پایان شهریور ۹۶                                                   | ۷۵            |
|                              |                  |               | ترکیب تولیدات (وزنی / متر از)                                                                            | ۱۵            |
|                              | تکنولوژی تولید   | ۱۴۰           | تکنولوژی تولید مفتول آلیاژی (راد آلیاژی ۹/۵ میلیمتری)                                                    |               |
|                              |                  |               | لیست تعداد ماشین آلات فعال با مشخصات (متبط با فرآیند تولید هادی آلیاژی)                                  | ۱۰            |
|                              |                  |               | ظرفیت دستگاه های تولیدی، به تفکیک نوع محصول                                                              | ۱۰            |
|                              |                  |               | برند ماشین آلات تولیدی (کشور - سازنده)                                                                   | ۱۰            |
|                              |                  |               | سطح تکنولوژی ماشین آلات، تکنولوژی فرآیند تولید                                                           | ۱۰            |
|                              |                  |               | تکنولوژی تولید سیم آلیاژی از قطر ۱/۵ تا ۵ میلی متر                                                       |               |
|                              |                  |               | فهرست تعداد ماشین آلات فعال با مشخصات (مرتبط با فرآیند تولید هادی آلیاژی)                                | ۱۰            |
|                              |                  |               | ظرفیت دستگاه های تولیدی، به تفکیک نوع محصول                                                              | ۱۰            |
|                              |                  |               | برند ماشین آلات تولیدی (کشور - سازنده)                                                                   | ۱۰            |
|                              |                  |               | سطح تکنولوژی ماشین آلات، تکنولوژی فرآیند تولید                                                           | ۱۰            |
|                              |                  |               | تکنولوژی عملیات حرارتی سیم های آلیاژی                                                                    |               |
|                              |                  |               | نوع کوره عملیات حرارتی                                                                                   | ۱۰            |
|                              |                  |               | یکنواختی زون های حرارتی                                                                                  | ۱۰            |
|                              |                  |               | تکنولوژی بافت مناسب هادی های آلیاژی با Preform مناسب                                                     |               |
|                              |                  |               | نوع دستگاه تابنده                                                                                        | ۱۰            |
|                              |                  |               | وجود perform و تجهیزات مرتبط بافت با کیفیت هادی های آلیاژی                                               | ۲۰            |
|                              |                  |               | وجود سیستم کنترل تنش، ویژه هر بوبین در دستگاه تابنده در مراحل بافت هادی                                  | ۱۰            |
| فروش و سهم بازار (۵۰ امتیاز) | فروش و سهم بازار | ۲۰۰           | میانگین فروش از ابتدای مهر ۹۴ تا پایان شهریور ۹۶                                                         | ۸۰            |
|                              |                  |               | میزان برد در مناقصات الیازی                                                                              | ۵۰            |
|                              |                  |               | برآورد سهم مطلق و نسبی بازار (سهم هر شرکت از کل، سهم نسبت به رهبر بازار)                                 | ۷۰            |

| بخش               | عوامل هر بخش                     | حداکثر امتیاز | زیربندها                                                                                                                                                                               | حداکثر امتیاز |
|-------------------|----------------------------------|---------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| تجزیه (۵۰ امتیاز) | رضایتمندی مشتریان                | ۸۰            | ارایه فایل یا سیستم رضایتمندی سال‌های ۹۴ الی ۹۶                                                                                                                                        | ۵۰            |
|                   |                                  |               | نوع، تعداد (ترکیب) و سابقه مشتریان                                                                                                                                                     | ۳۰            |
|                   | ارایه نمونه محصول                | ۱۰۰           | نمونه هادی آلیاژی ۶۲۰۱ تولید شده (نمونه باید به همراه کلیه مستندات تولیدی و کیفی محصول ارایه گردد در صورت مقدور بودن تولید ولی موجود نبودن نمونه، مستندات فروش قبلی مربوطه ارایه گردد. | ۶۰            |
|                   |                                  |               | نتایج تایپ تست محصول فوق ارایه گردد                                                                                                                                                    | ۴۰            |
|                   | ارایه انواع گواهینامه‌های سیستمی | ۱۲۰           | گواهی مدیریت کیفی ISO 9001                                                                                                                                                             | ۲۰            |
|                   |                                  |               | مدیریت زیست محیطی ISO 14001                                                                                                                                                            | ۱۰            |
|                   |                                  |               | مدیریت ایمنی و بهداشت OHSAS 18001                                                                                                                                                      | ۱۰            |
|                   |                                  |               | گواهی ISO 17025 جهت آزمایشگاه شرکت تولیدی مذکور                                                                                                                                        | ۲۰            |
|                   |                                  |               | گواهی تحقیق و توسعه                                                                                                                                                                    | ۱۰            |
|                   |                                  |               | گواهی ثبت اختراع برای محصول آلیاژی                                                                                                                                                     | ۲۰            |
|                   |                                  |               | گواهینامه‌های Type test برای محصولات آلیاژی از آزمایشگاه‌های معتبر و ثالث وتاریخ اخذ آنها                                                                                              | ۳۰            |

### ارایه نمونه از محصول مفتول و سیم آلومینیوم آلیاژی به شرح زیر:

ROD AL ALLOY 6201

AAAC1000

- نمونه باید به همراه کلیه مستندات تولیدی و کیفی محصول و نتایج تایپ تست ارایه گردد.
- در صورت مقدور بودن تولید ولی موجود نبودن نمونه مستندات فروش قبلی مربوطه ارایه گردد.

بر اساس جلسه نهایی تعیین برند برتر تولید هادی آلیاژی کشور در مورخ ۹۶/۰۱/۱۸، با حضور داوران منتخب، شرکت‌های آلومتک، آلومینیوم کوهرنگ زاگرس و سیمکات از بین شرکت‌هایی که حداقل ۳۰۰ امتیاز جهت ورود به ممیزی مرحله نهایی را کسب کرده بودند، در نهایت امتیازات ذیل از سوی داوران به سه شرکت راه یافته به مرحله نهایی ممیزی مربوطه اختصاص یافت:

| ردیف | شرکت‌های تولید کننده   | داور ۱ | داور ۲ | داور ۳ | میانگین نمرات |
|------|------------------------|--------|--------|--------|---------------|
| ۱    | آلومتک                 | ۷۴۶    | ۷۲۸    | ۷۵۷    | ۷۴۴           |
| ۲    | آلومینیوم کوهرنگ زاگرس | ۸۴۴    | ۸۳۹    | ۸۵۰    | ۸۴۴           |
| ۳    | سیمکات                 | ۶۰۱    | ۵۹۵    | ۶۳۲    | ۶۱۰           |

### شاخص قوت شرکت منتخب آلومینیوم کوهرنگ زاگرس در طول دوره ارزیابی:

- اختصاص سهم بازار ۷۵ درصدی به خود با برنده شدن در ۲ مناقصه ملی با تناژ مجموع ۱۷۵۰ تن هادی آلیاژی ویژه خطوط انتقال (برق منطقه ای هرمزگان)
- میزان تولید و فروش بیش از ۱۰۰۰ تن در سال



۲- خوش نام در میان مشتریان بازار

شایان ذکر است اعضای کمیته داوران برگزیده (آقایان فرخ افتخاردوست، کریم روشن میلانی، بهنام علم دوست، ابوالفضل اکبر شاهی و غلامرضا فلاح نژاد) و ناظر جلسات آقای حمید مرادآبادی در طول سه ماه بررسی‌ها و ممیزی‌های مطابق الگوریتم طراحی شده مورد تأیید کنفرانس رابه انجام رساندند. لذا بر اساس میانگین نمرات اخذ شده مطابق جدول، شرکت آلومینیوم کوهرنگ زاگرس با اخذ ۸۴۴ امتیاز حائز بالاترین امتیاز گردیده و از سوی کمیته داوران منتخب، به عنوان برند برتر تولید کننده مفتول و هادی آلومینیوم آلیاژی سال ۱۳۹۶ کشور، انتخاب گردید.

۳- خرید مدرن ترین تجهیزات تولید مفتول و هادی آلیاژی از کشورهای ایتالیا و آلمان

۴- دریافت ۲ گواهی نامه تایپ تست بین المللی از آزمایشگاه‌های کنیتریکس کانادا و ویکی مجارستان در سال ۱۳۹۶

### شاخص قوت شرکت منتخب آلومتک در طول دوره ارزیابی:

- ۱- تجربه و سابقه طولانی در تولید مفتول و هادی آلیاژی
- ۲- دستگاه‌های پیشرفته کشش و استرندر ویژه تولید هادی‌های آلیاژی

### شاخص قوت شرکت منتخب سیمکات در طول دوره ارزیابی:

- ۱- اخذ گواهی نامه تأیید صلاحیت آزمایشگاه‌های آزمون ۱۷۰۲۵، گواهی نامه‌های محیط زیستی و ایمنی



# استفاده از هادی‌های رابط عایق‌دار برای بهبود حفاظت تجهیزات الکتریکی نصب شده در فضای باز یا سقف منازل در برابر صاعقه

ترجمه: مهندس امیدعلی شجاعی (کارشناس ارشد برق / الکترونیک)

## چکیده:

شیوه‌های سنتی حفاظت در برابر صاعقه، سال‌ها پیش از گسترش و نصب تجهیزات الکتریکی امروزی بر روی پشت بام منازل به عنوان استاندارد تدوین شده‌اند. این مقاله مزایای هادی رابط عایق‌دار را مطابق با الزامات استانداردهای سری IEC 62305 و سایر استانداردهای ملی مرتبط معرفی می‌کند. روش‌های تست و طراحی این نوع سیم، به عنوان بخشی از راه‌حل‌های کلی برای حفاظت از سیستم‌های امروزی نصب شده بر روی پشت بام مطرح می‌شود.

## کلمات کلیدی: هادی‌های رابط عایق‌دار، فاصله جداسازی، حفاظت از صاعقه

## مقدمه:

مطابق با استانداردهای سری IEC 62305 حفاظت از صاعقه معمولاً به دو شیوه انجام می‌شود: سیستم‌های ایزوله شده یا غیرایزوله. شایع‌ترین سیستم غیر ایزوله، که سیستم حفاظت از رعد و برق (LPS) است، اجزاء فلزی آن برای از بین بردن اختلاف پتانسیل مخرب به هم متصل شده‌اند (اتصالات هم‌پتانسیل). عمدتاً پایانه‌های یک شبکه هوایی به صورت الکتریکی به وسیله سیم‌های مرتبط به الکترود زمین متصل می‌شوند. با استفاده از یک جداکننده بین LPS و ساختار، انرژی صاعقه می‌تواند از LPC بدون خطر جرقه به ساختار عبور کند.

محدودیت سیستم غیرایزوله، با ظهور تجهیزات حفاظت مدرن روی پشت بام ساختمان‌های امروزی بیشتر مشاهده می‌شود. یک روش اتصال بسیار دقیق باید بدون هیچ استثنایی دنبال شود. نتیجه حاکی از آن است که متعلقات فلزی تجهیزات نصب شده روی پشت بام، ممکن است خود حامل بخشی از جریان تخلیه الکتریکی باشند. این امر به طور بالقوه در ساختمان‌های امروزی که ساختارهایی نظیر خطوط تلفن، تهویه مطبوع و تجهیزات مخابراتی و الکترونیکی حساس وجود دارد مخرب می‌باشد زیرا ممکن است حامل جریان صاعقه باشند.

در سیستم‌های ایزوله، که کمتر رایج هستند، نیز پایانه‌های یک شبکه هوایی به صورت الکتریکی به وسیله هادی‌های رابط به الکترودهای زمین شده متصل می‌شوند. با این حال، در

این سیستم، پایانه‌های هوایی شبکه و هادی‌های رابط بر روی مقره‌ها برای خنثی کردن سازه نصب شده‌اند. با استفاده از یک "فاصله جداسازی" مناسب بین LPS و سازه، انرژی صاعقه می‌تواند از طریق LPS بدون خطر تخلیه الکتریکی غیر قابل کنترل عبور کند. بنابراین از سازه جریان‌های جزئی صاعقه عبور نمی‌کند و نیازی به اتصالات مکرر نیست. معایب این روش عبارتند از: هزینه و نیروی اضافی مورد نیاز برای ایزوله کردن مقره‌ها، پیچیدگی ظاهری چنین سخت‌افزاری و پیچیدگی در طراحی برای اطمینان از فاصله جداسازی مناسب و نگهداری از آنها.

سیستم‌های غیر ایزوله برای سازه‌های با پوشش فلزی و یا تقویت‌شده با بتن مناسب هستند که در واقع اجزای آنها می‌توانند برای جایگزینی هادی‌های رابط استفاده شوند، که باعث صرفه‌جویی قابل توجهی در هزینه‌ها می‌شود. با این حال، آنها هیچ منفی را برای حفاظت از تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی مدرن پشت بام ارائه نمی‌دهند که آن برای شاسی تجهیزات که ممکن است یک مسیر تخلیه الکتریکی صاعقه باشد، یا یک سیستم دکل مستقل دوم نصب شده برای محافظت از تجهیزات در یک دکل مخابراتی مناسب نیست. برای بیش از ۲۰ سال، سیستم‌های استانداردهای غیر IEC از یک تکنولوژی ترکیبی با هادی‌های رابط عایق‌دار استفاده نموده‌اند که مزایایی از سیستم ایزوله در برداشته است، اما بدون نیاز به ایزوله مقره‌ها و پایه‌ها. در ادامه موارد کاربرد اخیر این تکنولوژی که مطابق با استانداردهای IEC در حفاظت از رعد و برق است را معرفی می‌کند.



پس از آن مدارهای کم ولتاژ به ساختار اضافه می‌شوند. گوشه‌های سازه‌ها محل ترجیحی برای پایه‌های هادی رابط هستند، که همچنین مکان مشترک برای سیستم‌های دوربین مدار بسته کم ولتاژ هستند. ساختمان‌های تجاری مدرن با حریم پنجره شیشه‌ای بزرگ، فرصت‌های محدودی برای راه انداختن خطوط هوایی فراهم می‌کنند، وجود چنین خدماتی در فاصله جداسازی از LPS احتمال زیادی دارد. متأسفانه، نصب‌کننده‌های چنین خدماتی از الزامات جداسازی LPS آگاه نیستند و ممکن است در بازرسی و بازبینی LPS رخ ندهد، یا ممکن است این موضوع چند سال بعد فقط شناسایی شوند.



شکل ۲. مشکل فاصله جداسازی هادی رابط متعارف

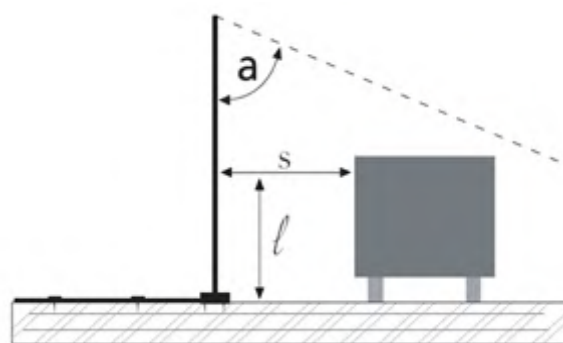
## ۲- سیستم هادی رابط عایق‌دار

جنس وسط مقطع هادی رابط عایق‌دار برابر با یک هادی لخت  $5.0\text{mm}^2$  بر طبق استانداردهای IEC سازگار با هادی رابط ارائه می‌شود، اما با پوشش ضخیمی عایق بندی شده است. ایجاد یک فاصله جداسازی معادل با شکاف هوا ۱۰۰۰ میلی‌متر برای عایق کافی است. بنابراین، مدارها و خدمات می‌توانند بدون خطر جانبی تشعشع، بلافاصله در نزدیکی هادی رابط تعیین محل شوند. لازم به ذکر است که هادی رابط عایق‌دار حفاظت در مقابل تشعشع پیرامون را فراهم می‌کند و ریسک جریان‌های صاعقه جزئی که توسط مدارهای غیرعمدی (مفصل گالوانیزه) انجام می‌شود را کاهش می‌دهد. هیچ هادی رابطی نمی‌تواند حفاظت در مقابل جریان القایی (مفصل مغناطیسی) را فراهم کند، بنابراین، مدارهای ولتاژ پایین نزدیک و موازی با هادی رابط عایق‌دار برای فاصله‌های طولانی توصیه نمی‌شود.

۱- سیستم‌های حفاظت از صاعقه ایزوله شده و فاصله جداسازی فاصله مورد نیاز بین اشیاء محافظت شده و ترمینال‌های هوا و هادی‌های رابط از سیستم ایزوله شده توسط IEC 62305-3، بخش ۳-۶ تعیین شده است. این فاصله به عنوان "فاصله جداسازی S"، که در آن

$$S = k_1 (k_c/k_m) L$$

ضریب  $k_1$  بستگی به سطح حفاظت رعد و برق انتخاب شده (۰.۰۸، ۰.۰۶ و ۰.۰۴ برای سطوح I، II و III به ترتیب)، ضریب  $k_c$  بستگی به تعداد هادی‌های رابط (۱ برای یک رشته هادی رابط)، ضریب  $k_m$  بستگی به مواد عایق الکتریکی (۱/۰ برای هوا، ۰/۵ برای بتن) و  $L$  طول هادی رابط از نقطه مطرح شده تا نزدیکترین نقطه اتصال هم پتانسیل محسوب می‌شود.



شکل ۱. مفهوم فاصله جداسازی برای یک راه حل حفاظت از صاعقه منحصر به فرد

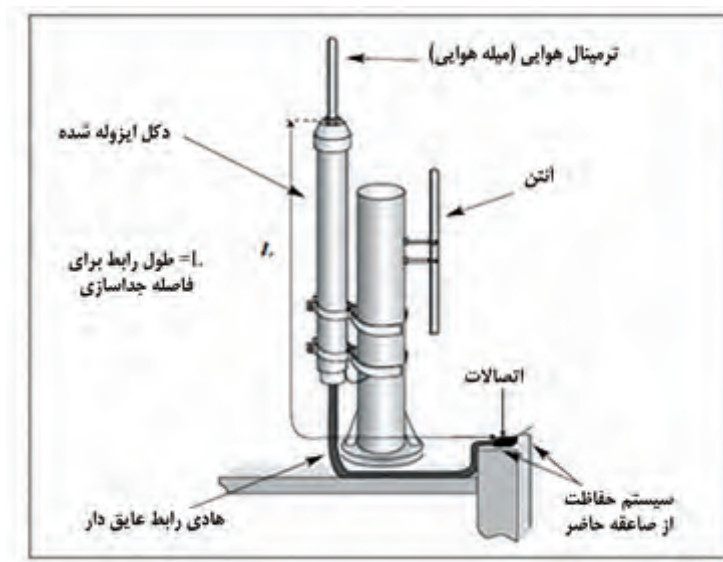
همچنین محاسبه فاصله جداسازی در استانداردهای سری IEC 62305 برای تعیین نیاز به پیوند هم پتانسیل برای سیستم‌های غیر جدا شده استفاده می‌شود. به این معنی که بایستی یک قطعه فلزی مانند درپچه دیوار یا چهارچوب‌های پنجره نسبت به نزدیک‌ترین هادی رابط فاصله جداسازی مشخصی داشته باشد، سپس این اقلام نیاز به اتصال به هادی رابط (LPS) ندارد. اگر اقلام در این فاصله قرار دارند و سپس باید به LPS متصل شوند. محاسبه نیز برای حضور داخلی اعمال می‌شود اقلام فلزی مانند مدارهای الکتریکی، لوله کشی و غیره، که باید در فاصله طولانی‌تری از فاصله جداسازی آن قرار داشته باشند.

این الزام باعث ایجاد مشکلاتی برای LPS‌ها می‌شود که با استانداردهای طراحی مطابقت داشته باشند. گاهی اوقات طراح و نصب‌کننده LPS ممکن است از وجود چنین اقلامی در حفره دیوار آگاه نباشد، به طور معمول طراحی پس از نصب LPS رخ می‌دهد و

### ۳- تست سیستم و فاصله جداسازی معادل

یک روش آزمایشی پیشرفته تست مقره‌های مورد استفاده برای خنثی کردن هادی رابط غیرایزوله از یک سیستم ایزوله سنتی برای تست عملکرد هادی رابط عایق دار استفاده می‌شود. در اینجا، ولتاژ شکست این مقره (SV) در مقایسه با هوا، با قرار دادن مقره به موازات یک شکاف هوایی در یک محیط ولتاژ بالایی است. شکاف هوایی از یک جفت هادی، قرار داده شده در زاویه قائمه و سازمان یافته ساخته شده است بنابراین فاصله بین هادی‌ها می‌تواند تنظیم شود. با اعمال امواج ولتاژ بالا فاصله شکاف هوایی برای پیدا کردن فاصله‌ای که شکاف هوایی و مقره‌ها با احتمال ۵۰٪ شکست می‌گیرد افزایش می‌یابد. در این فاصله، مقره فاصله‌ای برابر با فاصله شکاف هوایی تلقی شده دارد.

پیاده‌سازی عملی این سیستم طولانی است، دکل نگهدارنده ایزوله شده که منجر به تخلیه هادی رابط عایق دار می‌شود همانطور که در شکل ۳ نشان داده شده است. در بالای دکل، یک ترمینال هوایی معمولی سوار شده است. دکل به گونه‌ای نصب شده است که نوک ترمینال هوایی حفاظت مورد نیاز با استفاده از طراحی روش زاویه حفاظت (PAM) بر اساس استاندارد IEC 62305 (روش طراحی کره غلطان نیز می‌تواند برای این منظور استفاده شود) فراهم می‌کند. دکل نگهدارنده ایزوله شده معمولاً برای محافظت بر روی جسم محکم می‌شود، و هادی رابط سیستم زمین کردن را اجرا می‌کند و یا با یک سیستم LPS ایزوله شده سنتی یا غیر ایزوله ارتباط برقرار می‌کند.



شکل ۳: دکل ایزوله شده و هادی رابط عایق دار برای محافظت از یک آنتن پشت بام



شکل ۴: آرایش تست تخلیه هادی رابط عایق دار



اختصاصی در انتهای هادی رابط عایق دار برای اتصال ترمینال های هوایی و سیستم زمین استفاده می شود. این کویلینگ ها نیاز به تست با استاندارد دارد. برای طراحی ذکر شده، کل مسیر هدایت با تمام اتصالات تست شده است. بنابراین، تمام مؤلفه های سیستم مورد آزمایش قرار گرفته اند تا مقاومت حرارتی و نیروی مکانیکی را با انجام یک ضربه ناگهانی صاعقه  $100 \text{ kA}$  برای طول موج  $10/350 \text{ }\mu\text{s}$  تست کنند.

#### ۴- طراحی هادی رابط عایق دار

برای تصویب الزامات آزمون، طراحی کابل نیاز به بیش از یک هادی رابط متداول با کاربرد عایق ولتاژ بالا احتیاج دارد. مشکل این مفهوم این است که در ولتاژهای متوسط، تخلیه جزئی ممکن است بر روی سطح کابل ایجاد شود، که منجر به فرسایش و شکست کابل می شود. آزمایشات آزمایشگاهی نشان داده است که برای استاندارد کابل های مبتنی بر پلی اتیلن، این نوع تشعشع می تواند از فاصله ۵ متری کابل رخ دهد.

برای کنترل خطر تشعشع، یک روکش بیرونی نیمه رسانا استفاده می شود. استفاده از روکش نیمه رسانای شناخته شده (بالا) مقاومت به طور طولی از ترمینال بالایی تا اولین نقطه اتصال زمین، به این ترتیب تخلیه جزئی را حذف می کند. این آرایش نیاز به یک لایه خاص ترمینال بالایی اتصالات شامل فلز، نیمه رسانا، کاهش تنش و اجزای ضد ردیابی دارد. اتصال اولیه به غلاف کابل تقریباً  $2/25$  متر پایین تر از ترمینال قرار می گیرد.

#### ۵- ارزیابی های محیطی

طراحی علاوه بر عملکرد الکتریکی و انطباق با استانداردها، نیاز به شرایط محیطی دارد. عملکرد اجزاء و سیستم در برابر شدت های دما مانند اثرات بارگذاری یخ ارزیابی می شود. مثلاً، مواد سیستم دکل مقاوم در برابر UV و غیر قابل نفوذ رطوبت برای کمک به اطمینان از یک عمر طولانی مدت هستند. تشعشع دکل در طول آزمایش فاصله جدایی مورد بررسی قرار گرفته است. با توجه به کنترل مقاومت نیمه رسانای هادی رابط عایق دار، اثرات رطوبت بر روی سطح هادی رابط نادیده گرفته می شود.

توجه مهم محیط زیست باد است. جنس و قطر دکل، استقامت کششی و خمشی را فراهم می کند که برای سرعت باد تا  $195 \text{ km/h}$  کافی هستند. ترمینال بالایی و اتصالات برای محکم کردن تجهیز برای کاهش خطر ریزش به علت ارتعاش ناشی از باد که در بالای دکل رخ می دهد استفاده می شود.

در عمل، بالابردن ولتاژ در LPS به دلیل القاء کلی و تغییرات سرعت جریان ( $di/dt$ ) ناشی از رعد و برق زیاد افزایش نمی یابد. مادامی که اولین ضربه رعد و برق بزرگترین دامنه جریان دارد، ضربه های ثانویه دارای بالاترین میزان افزایش سرعت جریان هستند. بنابراین ولتاژ اعمال شده برای آزمون، شکل موج  $50/100 \text{ }\mu\text{s}$  سنتی نیست، اما سریعترین شکل موج در ناحیه  $40/50 \text{ }\mu\text{s}$  می باشد.

بنابراین، یک روش تست مشابه نیز برای تست هادی رابط عایق دار استفاده می شود، که مقرر تقریباً در ۴ متری از هادی رابط عایق دار قرار می گیرد. و اتصالات زمین شده در نزدیکی هر انتهای هادی رابط در فاصله ای قرار می گیرند که فاصله مطابق با الزامات تولیدکننده هادی رابط باشد، که در مجاورت نزدیک ترین قطعات زمینی وقتی که نصب شد دیده می شود.

همانطور که ولتاژ شکست یک شیء بسیار وابسته به شکل آن است (مربوط به تشدید میدان الکتریکی)، تست هادی رابط به تنهایی برای تضمین کارایی میدان کافی نیست. به عنوان مثال، وجود یک قطعه وابسته برای اتصال انتهای بالایی هادی رابط به ترمینال هوایی ممکن است پیچ ها یا برآمدگی های دیگری داشته باشد که می تواند اعوجاج میدان الکتریکی قابل توجه ای ایجاد کند. این تشدید ممکن است میدان الکتریکی محلی را به میزان کافی برای ردیابی هادی رابط در ترمینال بالایی تولید کند. بنابراین، برای این سیستم، آزمایشی نیز بر روی نصب نهایی پیکربندی کابل با اتصالات ترمینال بالایی، دکل ها و اتصالات به منظور تأیید اعتبار طراحی کلی انجام شده است.

آزمایش فوق که مبتنی بر ولتاژ می باشد فقط خواص عایق اجزای سیستم را ارزیابی می کند. در اتحادیه اروپا (EU)، تطابق با CENELEC EN 50164-24 "قطعات حفاظت از صاعقه (LPC) - قسمت ۲: الزامات هادی ها و الکترودهای زمین" نیز مورد نیاز است که این شامل تطابق زیست محیطی و ابعادی هادی می باشد. هادی های آلومینیوم به حداقل سطح مقطع  $50 \text{ mm}^2$  نیاز دارد. هادی های مس نیز حداقل سطح مقطع  $50 \text{ mm}^2$  نیاز دارند. توجه داشته باشید که در IEC 62305-3 برای هادی های مسی گرد مفتولی نیاز به سطح مقطع  $28 \text{ mm}^2$  (قطر ۶ میلی متر) جایی که مقاومت مکانیکی مسئله نیست دارد، این سازه های کوچکتر در استانداردهای EN 50164-2 مجاز نیست.

همچنین تطابق با CENELEC EN 50164-15 "قطعات حفاظت از صاعقه (LPC) - قسمت ۱: الزامات اتصال اجزاء" در اتحادیه اروپا مورد نیاز است. این امر مستلزم آن است که تمام موارد اتصال در یک LPS مورد آزمایش قرار گیرد. با توجه به این کویلینگ های



شکل ۵. هادی رابط عایق دار و عایق چند لایه و روکش نیمه رسانا

## ۶- نتیجه

استانداردهای حفاظت از صاعقه روش های طراحی ایزوله و غیرایزوله برای حفاظت از سازه ها را فراهم می سازند. مزایا و معایب هر روش، آنها را به بهترین شیوه برای برنامه های خاص مناسب می سازد. با این حال، برای حفاظت از تجهیزات مدرن پشت بام، یک روش ترکیبی معرفی شده است که ترکیبی از مزایای هر یک از آنها است. هادی رابط عایق دار با پوشش نیمه رسانا اجازه می دهد مهندسين و نصاب های طرح برای حفظ جداسازی نیازها را تقریباً مستقل از الزامات روتین نگهداری کنند. عملکرد سیستم با ایجاد روش های تست که فاصله جداسازی معادل را مشخص می سازد اثبات می شود، که نتیجه آن می تواند در فرآیند طراحی IEC 62305 استفاده شود.

## ۷- منابع

- 2- D'Alessandro, F., "On the applicability of insulated down conductors", Proc. of 8<sup>th</sup> International Symposium on Lightning Protection (VII SIPDA), Sao Paulo, Brazil, pp. 301-307 (2005).
- 3- D'Alessandro, F. & Alghusain, F., "PSpice modeling of a special insulated down-conductor", Proc. 28<sup>th</sup> ICLP, Kanazawa, Japan, pp. 698-703 (2006).
- 4- European Committee for Electrotechnical Standardization, CENELEC, EN 50164-2 "Lightning protection components(LPC) Part 2: Required for conductors and earth electrodes" (2002).
- 5- European Committee for Electrotechnical Standardization, CENELEC, EN 50164-1 "Lightning protection components(LPC) Part 1: Required for connection components" (1999).

- 1- International Electrotechnical Commission, IEC 62305-1, IEC 62305-2, IEC 62305-3 & IEC 62305-4, Geneva, Switzerland.



# اخبارا.بحمن

# اخبار انجمن

نمایشگاه سیم، کابل و لوله دوسلدورف ۲۰۱۸



نمایشگاه سیم و کابل و لوله دوسلدورف در تاریخ ۲۷ فروردین ماه سال جاری آغاز به کار نمود. در این نمایشگاه، طیف وسیعی از محصولات از جمله ماشین آلات و تجهیزات تولید لوله، عملیات و پردازش، مواد اولیه، لوله ها و لوازم جانبی، ابزارهای تکنولوژی پردازش، منابع کمکی و اندازه گیری، کنترل و تست تجهیزات در معرض بازدید صنعتگران قرار گرفت. گروهی از انجمن صنفی کارفرمایی تولیدکنندگان سیم و کابل ایران نیز متشکل از ۱۹ نفر از شرکتهای البرز الکتریک نور، دیبا پلیمر، شهید قندی، کابل البرز و توری کاشان از نمایشگاه بازدید نمودند. نمایشگاه در تاریخ ۳۱ فروردین ماه به کار خود خاتمه داد.



## بیست و سومین نمایشگاه بین‌المللی نفت، گاز و پتروشیمی



شانزدهم اردیبهشت ماه ۱۳۹۷، بیست و سومین نمایشگاه بین‌المللی نفت، گاز، پالایش و پتروشیمی به عنوان یکی از بزرگترین نمایشگاه‌های تخصصی این صنعت با حضور زنگنه وزیر نفت و به میزبانی دکتر اسفهدی رئیس هیأت مدیره و مدیر عامل شرکت سهامی نمایشگاه‌های بین‌المللی جمهوری اسلامی ایران و هیأت همراه در محل دائمی نمایشگاه‌های بین‌المللی تهران آغاز به کار نمود.

در این نمایشگاه تعداد ۱۰۰۹ شرکت داخلی و ۵۷۲ شرکت خارجی از ۳۵ کشور جهان شامل اتریش، آلمان، آذربایجان، اسپانیا، استرالیا، آمریکا، امارات متحده عربی، انگلستان، ایتالیا، بحرین، برزیل، بلژیک، تایوان، ترکیه، جمهوری چک، چین، دانمارک، روسیه، ژاپن، سنگاپور، سوئد، سوئیس، فرانسه، فنلاند، قزاقستان، هلند، هند، هنگ کنگ، کره جنوبی، کرواسی، کانادا، لهستان، نروژ، مالزی و موناکو در فضای نمایشگاهی به وسعت ۷۰,۰۰۰ متر مربع حضور داشتند که در زمینه تولید انواع تجهیزات استخراج نفت و گاز، تجهیزات بهره‌برداری، تجهیزات پالایش و پخش، تجهیزات ابزار دقیق و برق و الکترونیک، شرکت‌های فن‌آور، تجهیزات و قطعات وابسته فعالیت داشته و آخرین نوآوری‌هایی خود را در این عرصه به بازدیدکنندگان محترم ارائه نمودند.

همچنین در این نمایشگاه شرکت‌های کابل ابهر، کابل متال، سیم و کابل مشهد، کابل یزد، کابل سینا، صنایع کابل کرمان کاویان، سیم و کابل مغان، زرکابل کرمان، زر سیم، کابل افشان ایران، سیمکو از انجمن صنفی کارفرمایی تولیدکنندگان سیم و کابل ایران حضور داشتند. این نمایشگاه در ۱۹ اردیبهشت ماه به کار خود پایان داد.



## دوره آموزشی محاسبهٔ موادبری سیم و کابل و کابل‌های ابزار دقیق

مطابق با تقویم آموزشی ارایه شده، دوره آموزشی محاسبهٔ موادبری سیم و کابل و کابل‌های ابزار دقیق روز چهارشنبه مورخ: ۹۷/۲/۲۶ توسط جناب مهندس پور عبدالله و با حضور تعدادی از اعضا در محل انجمن صنفی کارفرمایی تولیدکنندگان سیم و کابل ایران برگزار شد. با توجه به اوراق نظرسنجی اکثر شرکت‌کنندگان این دوره را مفید و بهره‌ور ارزیابی نمودند.

