

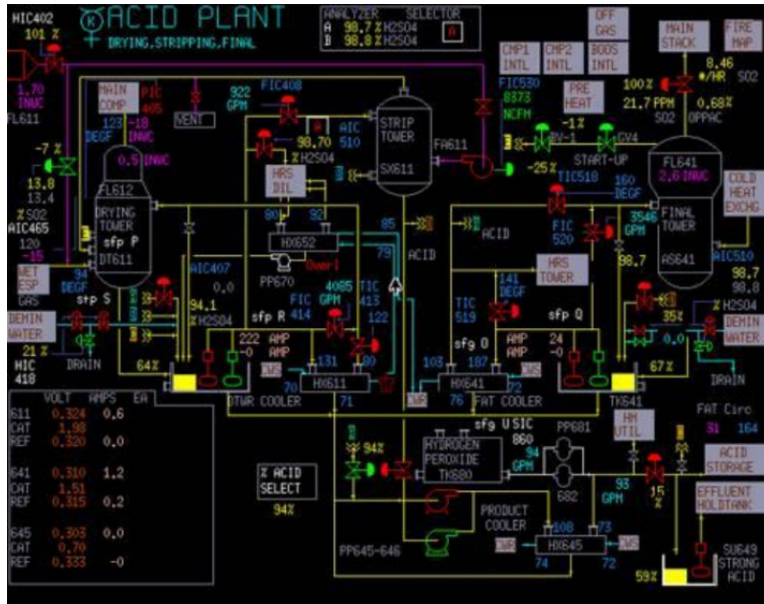
این نمایشگرهای گرافیکی ابتدا شامل طرح‌های شماتیک بودند و هیچ اصول مشخصی برای طراحی آن‌ها موجود نبود. نمونه‌هایی از این صفحات گرافیکی را می‌توان در تصاویر ۲-۱ و ۳-۱ مشاهده کرد، اما علت عدم بهبود طراحی در HMI ها درواقع مقاومت کاربران بوده و نه هزینه طراحی، زیرا کاربران به این شکل سنتی طراحی عادت کرده و در مقابل تغییر از خود مقاومت نشان می‌دهند.



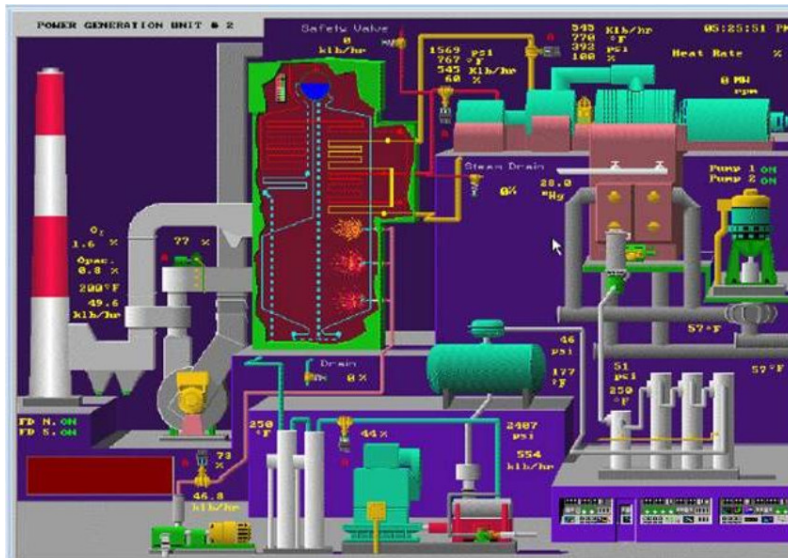
تصویر ۱-۱ نمونه‌ای از یک "Control Wall"

با پیشرفت سیستم‌های کنترل DCS و SCADA، سخت‌افزار و نرم‌افزار موردنیاز برای نمایش تصاویر گرافیکی بهبود یافت و طراحی‌ها با رنگ‌های مختلف و تصاویر متحرک به نمایش درآمد. در نتیجه، طرح‌هایی در اختیار راهبران سیستم‌های کنترل قرار گرفت که از کیفیت لازم برای بهره‌برداری مؤثر برخوردار نبود. تصویر ۳-۱، نمونه‌ای از طرح‌های متحرک برای کاربردهای نیروگاهی است که این نکته را به خوبی نشان می‌دهد. در این طرح، ۹۰ درصد صفحه به نمایش سه‌بعدی تجهیزات با رنگ‌های درخشان و شیمای بریده‌شده اختصاص یافته است، اما اطلاعاتی که برای کاربر مفید است به صورت نمایشگرهای عددی با طراحی ضعیف به نمایش درآمده که پیرامون اشکال گرافیکی پراکنده شده‌اند و بیشتر از ۱۰ درصد کل صفحه نمایش را در بر نمی‌گیرد. هیچ نمودار، نمایشگر وضعیت یا المان نمایش‌دهنده شاخص‌های عملکردی کلیدی در آن وجود ندارد و به سادگی نمی‌توان گفت که عملیات به خوبی در جریان است، یا خیر. این وضعیت در بیشتر طرح‌های گرافیکی استفاده‌شده در صنعت وجود

دارد، زیرا آن‌ها برای نمایش چنین اطلاعاتی طراحی نشده‌اند و صرفاً تعداد زیادی از اعداد خام بدون ماهیت اطلاعاتی محتوای مفید را به نمایش درمی‌آورند.



تصویر ۲-۱ یک نمونه از گرافیک شماتیک و شلوغ



تصویر ۳-۱ نمونه‌ای از طراحی اولیه سه‌بعدی

## ۱-۳ علت‌های بهبود در HMI

ضعف عملکرد HMI بارها و بارها به‌عنوان یکی از عوامل مؤثر در حوادث بزرگ صنعتی مطرح شده است. با این حال، تغییر قابل‌توجهی در طراحی HMI‌ها در صنعت اتفاق نیفتاده است اما صنعتی که از حوادث و رخدادها تلخ به‌خوبی درس گرفته و پیشرفت قابل‌توجهی در طراحی HMI براساس فن‌آوری‌های نوین داشته است، صنعت اویونیک<sup>۲</sup> (الکترونیک هوایی) می‌باشد که در نتیجه آن نمایشگرهای مدرنی ایجاد شده است. از جمله موارد مهم در طراحی این HMI‌ها، ایجاد نوعی آگاهی از شرایط فعلی بخصوص در زمان بروز شرایط نامطلوب است. از این رو، تمام اطلاعات لازم به‌صورت مفید و واضح در اختیار خلبان قرار می‌گیرد، نمونه‌ای از این HMI‌ها در تصویر ۱-۴ قابل‌مشاهده است. این HMI‌ها تمام اطلاعات لازم برای خلبان و مهندس پرواز از وضعیت آب‌وهوایی گرفته تا وضعیت مکانیکی و الکترونیکی سیستم‌های پرواز را به‌صورت روشن و مؤثر به نمایش درمی‌آورند. به کمک این پیشرفت‌ها، آگاهی از وضعیت فعلی و تشخیص شرایط غیرعادی بهبود شگرفی یافته است.



تصویر ۱-۴ نمایشگرهای هواپیمایی

## ۱-۴ اصول صحیح طراحی گرافیک در HMI

همان‌طور که گفته شد، صنعت بیشترین زیان را از طراحی‌های ناقص و نامناسب برده است که در ادامه، علل و اشکالات طراحی‌های گرافیکی که کارایی مؤثری ندارند، فهرست می‌شوند:

- بیشتر از طرح‌های شماتیک استفاده می‌کنند.

<sup>۲</sup> Avionics

- از نمایشگرهای عددی به وفور در آن‌ها استفاده شده است.
- در آن‌ها کمتر از نمودار استفاده می‌شود.
- از انیمیشن استفاده می‌کنند.
- از مخازن سه‌بعدی با رنگ‌های روشن استفاده می‌کنند.
- جزئیات زیادی از تجهیزات را نشان می‌دهند.
- واحدهای اندازه‌گیری دارای نشان‌ها و علامت‌های بزرگ هستند.
- سطح مایعات در مخازن با استفاده از رنگ‌های روشن و به صورتی که عرض مخزن را در برمی‌گیرد، نشان داده می‌شود.
- از رنگ‌ها به صورتی ناهماهنگ استفاده می‌شود.
- استفاده نادرست از رنگ‌های ویژه آلام.
- طراحی راهبری (navigation) محدود و حساب‌نشده.
- نبود سلسله‌مراتب در صفحات نمایش.

اما در مقابل، HMI با طراحی کارآمد دارای ویژگی‌های زیر است:

- از شیماتیک‌ها به‌جز مواردی که به لحاظ عملکردی لازم است، استفاده نمی‌شود.
- رنگ‌ها به‌صورت محدود و با تعریف و هماهنگی ویژه به کار می‌روند.
- به‌منظور جلوگیری از خیرگی، از رنگ خاکستری به‌عنوان رنگ زمینه استفاده شده است.
- تصاویر متحرکی ندارند، مگر برای نمایش آلام‌ها و وضعیت‌های غیرعادی.
- دارای نمودارهایی با طراحی و کارگذاری مناسب برای پارامترهای مهم فرآیند هستند.
- پارامترهای مهم اندازه‌گیری شده به‌صورت آنالوگ به نمایش درمی‌آیند و مقادیر آن‌ها بر اساس شرایط عادی، غیرعادی و آلام تفسیر می‌شوند.
- سلسله‌مراتب مناسب برای نمایش اطلاعات پیش‌بینی می‌شود، به‌گونه‌ای که جزئیات موردنیاز به‌صورت گام‌به‌گام و بر اساس نیاز در اختیار کاربر قرار می‌گیرد.
- نمایش با کنتراست یا تضاد کم به‌صورت دوبعدی و نه به‌صورت سه‌بعدی.
- بهره‌گیری از روش‌های راهبری (navigation) منطقی، یکسان (consistent) و بدون تناقض.
- نمایش یکسان جریان مایعات و سیالات در فرآیند.
- به کار بردن روش‌هایی برای جلوگیری از خطاهای انسانی در ورود اطلاعات.
- مکانیزم‌های امنیتی و اعتبار سنجی.

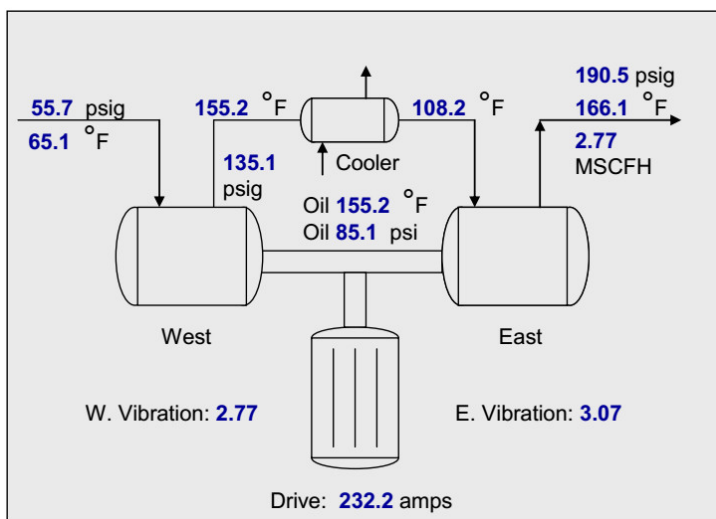
۱-۵ داده<sup>۳</sup> یا اطلاعات<sup>۴</sup>

تفاوت زیادی بین داده و اطلاعات وجود دارد. داده‌ها به مقادیر و یافته‌های خام گفته می‌شود که هنوز پردازشی روی آن‌ها انجام نشده است، درحالی‌که اطلاعات به صورت زیر تعریف می‌شود:

"هنگامی که داده‌ها فرآیند پردازش، تفسیر، سازمان‌دهی و یا ساختارسازی را طی می‌کنند، شکلی معنی‌دار، قابل‌فهم و مفید پیدا کرده و به اطلاعات تبدیل می‌شوند"

اصلی‌ترین تمایز در یک طرح گرافیکی با کارایی عملیاتی بالا بر این پایه استوار است که مقادیر فرآیند به جای اینکه به صورت داده‌های خام در صفحه‌نمایش پخش شوند، در یک بافت اطلاعاتی منسجم به نمایش درآیند. وجود اعداد و پارامترهای بیشتر به هیچ وجه کمکی به اپراتور در درک آنچه در فرآیند می‌گذرد، نکرده و شاید بسیار گیج‌کننده و نامفهوم هم باشد.

به عنوان نمونه در تصویر ۱-۵ که مربوط به سیستم کنترل یک کمپرسور است که هزینه زیادی برای خرید آن شده است ولی بدون آموزش ویژه و تجربه کافی نمی‌توان گفت که کمپرسور با بالاترین راندمان در حال کار بوده، یا کارکرد آن دچار مشکل شده است.

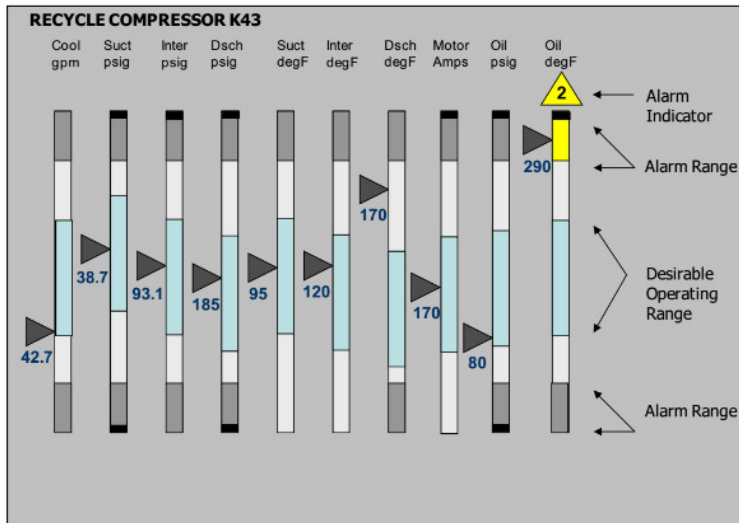


تصویر ۱-۵ نمایش داده‌های خام بدون اطلاعات

راهبری چنین سیستمی به شدت وابسته به میزان دانش، مهارت و تجربه بهره‌بردار است. آموزش بهره‌بردار جدید نیز سخت خواهد بود، زیرا ایجاد مهارت و تجربه نیازمند صرف زمان است. اضافه کردن

مقادیر بیشتر به صفحه نمایش نه تنها کمکی به درک شرایط نمی‌کند، بلکه از ارزش عملیاتی آن نیز می‌کاهد. در مقابل می‌توان مطابق تصویر ۶-۱ این مقادیر را به صورت گروهی از نشان دهنده‌های آنالوگ سازمان‌دهی کرده و نمایش داد. نمایشگرهای آنالوگ و غیر دیجیتال، ابزار قدرتمندی هستند، زیرا به طور ذاتی درک آن‌ها برای انسان ساده است و با یک نگاه به این گروه از نمایشگرها، بهره‌بردار می‌تواند تشخیص دهد که آیا شاخصی در بازه عادی خود قرار دارد، یا خیر.

بدین ترتیب، آگاهی از شرایط عادی سیستم درون HMI نهادینه شده و آموزش آن به مراتب ساده‌تر و تشخیص شرایط غیرعادی بسیار بهتر انجام می‌شود، به گونه‌ای که حتی قبل از وقوع قابل پیش‌بینی می‌شود. تمامی موارد ذکر شده به صورت ویژه مطلوب بهره‌برداران است.



تصویر ۶-۱ نمایش محتوا به صورت گرافیکی

## ۶-۱ رنگ

رنگ یکی از ارکان اصلی در نمایشگرها می‌باشد که باید با معنی مشخص و ثابت مورد استفاده قرار گیرد. انواع مختلفی از اختلال در تشخیص صحیح رنگ در افراد معمول است (برای مثال، قرمز و سبز، سفید و سبز، زرد و سبز) که امکان عدم درک صحیح را افزایش می‌دهد. به همین دلیل یک اصل شناخته شده برای استفاده از رنگ وجود دارد:

**"رنگ به تنهایی، عامل متمایزکننده یک وضعیت نیست"**

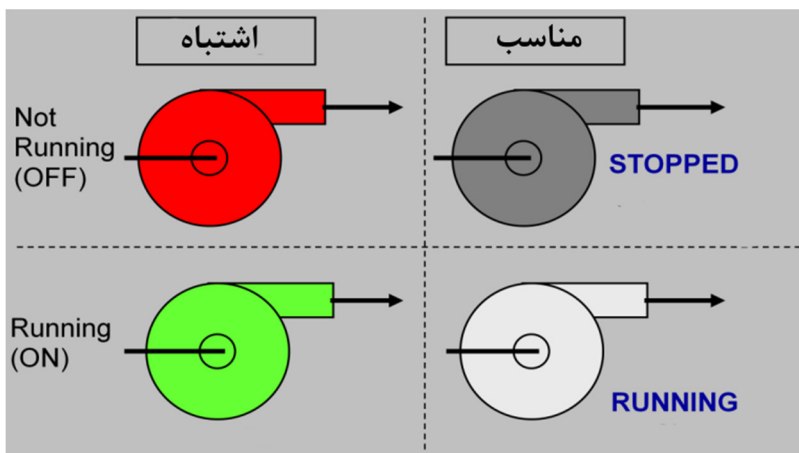


در بیشتر موارد، رنگ‌بندی‌ها به‌درستی انجام نمی‌شود و نمایش اطلاعات براساس روش‌های غیر صحیح و رنگ‌های نامناسب صورت می‌گیرد. در استفاده از رنگ به دو نکته باید توجه نمود: نخست اینکه هم‌زمان با استفاده از رنگ روش‌های دیگری را نیز باید برای نمایش اطلاعات و شرایط به کار گرفت، دوم اینکه باید از مجموعه رنگ‌های قابل تشخیص و محدود با تعریف و کاربرد معین استفاده کرد.

یکی از اولین اصول صحیح در استفاده از رنگ‌ها، شناخت درک انسان از آن‌ها است. انسان از نظر روانی به یک سری از رنگ‌ها توجه خاصی نشان می‌دهد و با توجه به این موارد اکیداً توصیه می‌شود که از رنگ‌های روشن فقط برای موارد حساس و غیرطبیعی استفاده شود بنابراین نباید در صفحاتی که حالت عادی کارکرد سیستم را نمایش می‌دهند، رنگ‌های روشن و پررنگ به کار رود، زیرا باعث عادت کردن چشم و عدم اعتنا به تغییر وضعیت می‌شود.

به‌عنوان نمونه، می‌توان به استفاده از رنگ سبز یا قرمز برای ادوات مختلف مانند کلیدها، موتورها، پمپ‌ها و شیرها اشاره نمود. هنگامی که رنگ‌های وضعیت هشدار مانند قرمز روشن و زرد انتخاب می‌شوند، این رنگ‌ها صرفاً باید برای همین امر و شرایط هشدار استفاده‌شده و کاربرد دیگری نداشته باشند تا باعث تداخل در انتقال مفاهیم نشوند.

یک نمونه رایج از کاربرد نامناسب رنگ‌ها در تصویر ۱-۷ به نمایش درآمده است که در آن از رنگ سبز روشن برای وضعیت روشن و از رنگ قرمز روشن برای وضعیت خاموش تجهیزات و ادوات مختلف استفاده‌شده است. راهکار مناسب در نیمه دیگر شکل نشان داده‌شده است. برای نشان دادن وضعیت روشن و خاموش که دو وضعیت عادی برای ادوات است، از رنگ‌های سفید و خاکستری استفاده‌شده است.



تصویر ۱-۷ نمایش محتوا به صورت گرافیکی

مطابق تصویر ۷-۱، روشن تر بودن شیء گرافیکی نسبت به پس زمینه صفحه به همراه یک کلمه در کنار آن، معرف روشن بودن یا وضعیت کاری عادی آن است (شبیه این که یک منبع روشنایی در آن روشن است) ولی هنگامی که خاموش است، می تواند تیره تر از رنگ پس زمینه باشد و کلمه وضعیت کنار آن نیز تغییر می کند.

## ۷-۱ نمایش آلارم

آلارم یا هشدار، اعلان یا علامتی است که در صورت بروز حالت غیرطبیعی به صورت متن، شکل یا رنگ نمایش داده می شود. در طراحی آلارم ها نباید رنگی که برای نمایش آلارم استفاده شده است، در جای دیگری استفاده شود تا ایجاد سردرگمی برای بهره بردار نکند.

بسیار ضعیف: آلارم فقط با تغییر رنگ متن از دیگر محتوا تفکیک می شود			
480.1 psi	No Alarm Indication	480.1 psi	In Alarm
ضعیف: آلارم بوسیله تغییر پس زمینه و یا کادر مشخص شده است و هیچ کد خطای در کنار آن موجود نیست			
480.1 psi	480.1 psi	480.1 psi	480.1 psi
Diagnostic Priority	Priority 3	Priority 2	Priority 1
480.1 psi	480.1 psi	480.1 psi	480.1 psi
Diagnostic Priority	Priority 3	Priority 2	Priority 1
مناسب: آلارم به همراه کدهای خطا و رنگها مناسب همچنین در اشکال متفاوت ارایه شده است			
4	3	2	1
480.1 psi	480.1 psi	480.1 psi	480.1 psi
Diagnostic Priority	Priority 3	Priority 2	Priority 1
S 480.1 psi			

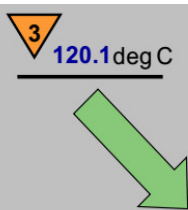
تصویر ۸-۱ نمایش آلارم

مطابق تصویر ۸-۱، هنگامی که یک شاخص به حد آلارم می رسد، می بایست نشانگر مناسب در کنار آن پدیدار شود. این نشانگر مادامی که تأیید نشود<sup>۵</sup>، چشمک می زند اما بعد از تأیید آلارم همچنان کنار آن باقی می ماند تا این آلارم رفع شود، این چشمک زدن یا تغییر رنگ متناوب نظر اپراتور را به خوبی جذب کرده و منجر به تشخیص این وضعیت می شود.

<sup>۵</sup> Acknowledgement



ذکر این نکته ضروری است که وجود یک صفحه که اطلاعاتی دقیق و جامع از آلامها و روش‌های مقابله و رفع آن وضعیت را ارائه می‌کند، بسیار مفید و کارساز خواهد بود و به این وسیله کاربر متوجه می‌شود آلام به چه دلیل پیش‌آمده است و راهکاری‌های مناسب برای برخورد با این وضعیت را نیز درمی‌یابد. نمونه‌ای از این کار در تصویر ۹-۱ آمده است.



TI-468-02 Column Overhead Temperature		
Alarm: PVHI	Setting: 120 deg C	Priority: 3
Class: Minor Financial	Response Time: <15 min	
Alarm Consequences:	Alarm Causes:	Corrective Actions:
Off-spec Production	Excess steam	Adjust base steam rate
Lowered efficiency	Pressure excursion	Check pressure and feed parameters vs. <b>SOP 468-1</b>
	Insufficient reflux	Adjust reflux per computation; check controller for cascade mode
	Feed composition variance	Check feed composition

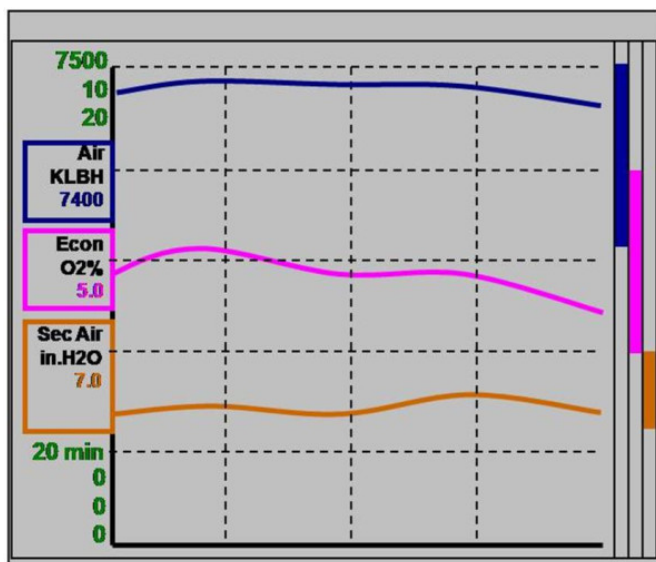
تصویر ۹-۱ اطلاعات آلام

## ۸-۱ Ternd یا نمودار

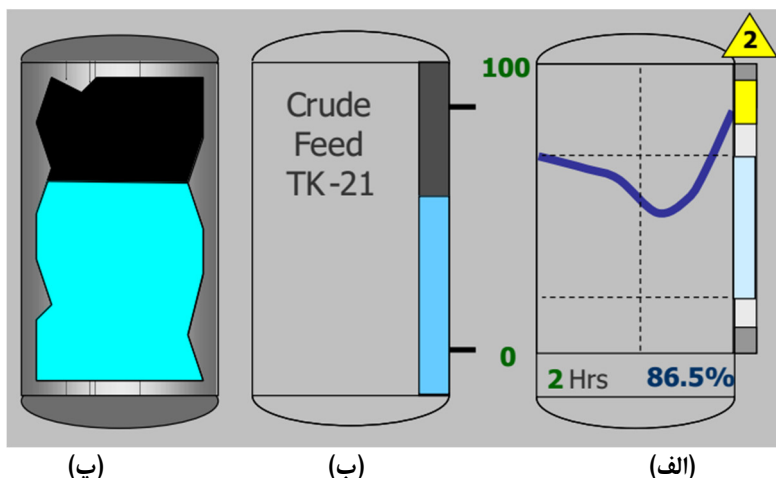
Trend نموداری است که رفتار یا تغییرات یک شاخص یا کمیت فرآیند را از یک دیدگاه ویژه نشان می‌دهد. یکی از ایرادهای اساسی در طراحی سیستم‌های HMI، کمبود نمودار با پیاده‌سازی مناسب است چراکه نمودار می‌تواند ابزار بسیار مناسبی برای ایجاد درک صحیح از مقادیر موجود در طرح‌های گرافیکی باشد، ولی با این حال به‌ندرت به قدرت و قابلیت آن توجه می‌شود.

همان‌طور که پیش‌تر اشاره شد، نمایش و ارائه اعداد و ارقام اطلاعات چندانی را ارائه نمی‌کند و حتی ممکن است اپراتور را دچار سردرگمی کند، یکی از راه‌های نمایش اطلاعات، نمودارها و گراف‌ها می‌باشند که می‌توانند اطلاعات بسیار زیادی را به همراه داشته باشند.

نمودارها می‌بایست در طرح‌های گرافیکی HMI گنجانده‌شده و نمایش داده شوند تا روند، تاریخچه یا سابقه مرتبط را به نمایش بگذارند. همچنین، نمودارها باید دارای اجزایی باشند که وضعیت‌های عادی و غیرعادی را مشخص نمایند. در تصویر ۱-۱۰ روش‌های مختلف این کار ارائه‌شده است.



تصویر ۱-۱۰ نمودار به همراه رنج‌های مناسب



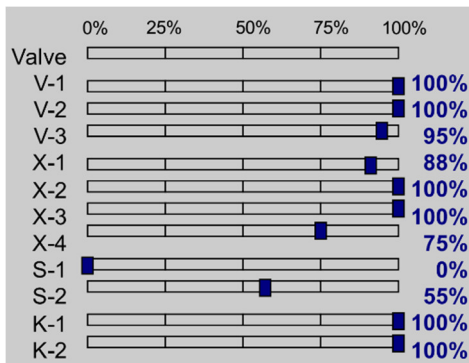
تصویر ۱-۱۱ (الف) نمایش صحیح ارتفاع سطح مایع به همراه نمودار و آلارم وضعیت، بهترین حالت نمایش، (ب) نمایش ارتفاع به همراه سطح مایع به علت عدم نمایش نمودار مقداری ضعیف می‌باشد، (پ) نمایش نامناسب و فقط ارتفاع مایع در مخزن، نامناسب‌ترین شکل نمایش می‌باشد.

## ۹-۱ نمایشگر سطح

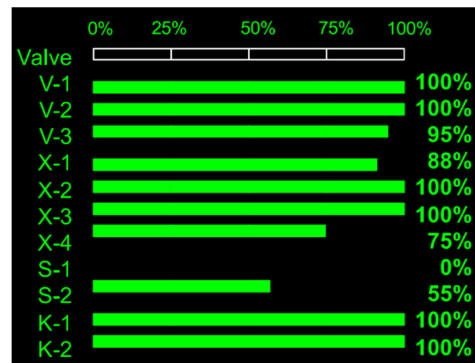
سطح مخازن را نباید به صورت یک حباب پر از رنگ نشان داد، زیرا اطلاعات مشخصی از آنچه در تغییرات سطح رخ داده است را نمایش نمی‌دهد و محدوده آلامها را نمی‌توان مشاهده کرد. بهتر است از یک ستون یا نوار عمودی که سطح مخزن را با رنگ نشان می‌دهد و محدوده آلامها را مشخص می‌کند، استفاده شود و در صورت امکان، این ستون یا نوار را با یک نمودار ترکیب نمود. (تصویر ۱-۱۱)

## ۱۰-۱ نمودار میله‌ای (Bar Chart)

استفاده از نمودارهای میله‌ای برای نشان دادن مقادیر نسبی، معمول است که البته بهتر از به کار بردن اعداد و مقادیر به تنهایی است، ولی نمودار میله‌ای به همراه اشاره‌گرهای متحرک نمایش آن کامل‌تر خواهد شد، زیرا در مقادیر کم و ناچیز این نمودار تقریباً ناپدید می‌شود و این برتری به آن علت است که چشم انسان، بودن اشیاء را بهتر از نبودنشان تشخیص می‌دهد. در نمونه‌های تصویر ۱-۱۲ این تمایز در نمایش مقادیر نسبی و بهبود رنگ‌آمیزی نشان داده شده است.



(ب) نمایش گرافیک مناسب و واضح



(الف) نمایش گرافیکی ضعیف

تصویر ۱-۱۲ تمایز بین بارگراف و اشاره‌گر

## ۱۱-۱ سلسله‌مراتب نمایش صفحات

نمایش صفحات می‌بایست دارای سلسله‌مراتب باشد و به گونه‌ای پیش‌رونده جزئیات را به نمایش درآورد. نمایش صفحات با استفاده از شماتیک‌هایی که سلسله‌مراتب ندارند، این گونه نیست و ایجاد آگاهی از موقعیت نمی‌کند. طراحی سلسله‌مراتب نمایش صفحات شامل چهار سطح می‌باشد که به تشریح آن‌ها پرداخته می‌شود.