

کاربرد روش شاینین برای تفکیک فاکتورهای با اهمیت از فاکتورهای کم اهمیت (در بررسی عوامل موثر بر انحراف مقادیر اسیدیته و pH نوشابه فانا در کارخانه روز نوش کرمانشاه)

علیرضا مومیوند^{۱*}

چکیده

کشف ریشه یک مشکل کیفی یا کلید افزایش کیفیت با یافتن فاکتورهای با اهمیت از میان فاکتورهای دیگر به کمک یک روند ساده که همواره قابل اجرا و پی گیری باشد و تمرکز بر آن فاکتورها تا رسیدن به هدف موجب صرفه جویی در مصرف منابع می گردد و به سرعت می توان علت مشکل یا راه کار افزایش بهبود را تشخیص داد. در این مطالعه با معرفی روش شاینین به عنوان یک روش طراحی آزمایش ها و اجرای چهار فاز ابتدایی آن در شرکت روزنوش کرمانشاه فاکتورهای با اهمیت از میان فاکتورهایی که در ابتدا به نظر می رسید همه این فاکتورها در حل مشکل های شرکت موثر می باشند، شناخته شده است و روش تفکیک فاکتورهای با اهمیت از میان فاکتورهای کم اهمیت تر که قابل اجرا در هر دو بخش صنعت و خدمات می باشد ارائه شده است. به این ترتیب مابقی فاکتورها در سطحی که برای شرکت کمترین هزینه را به همراه آورد می توانند تنظیم شوند. در این مطالعه با در نظر گرفتن هم زمان دو هدف (کاهش انحراف اسیدیته و pH نوشابه فانا از یک مقدار خاص) به کمک معیار ارزیابی کلی (OEC) (و یافتن سه فاکتور A، C، E) pH آب تصفیه شده، سختی آب تصفیه شده و بریکس نوشابه (مواد جامد معلق)) به عنوان فاکتورهای با اهمیت و موثر، به کمک روش شاینین ریشه مشکل شرکت روزنوش کرمانشاه با کمترین هزینه و در کوتاهترین زمان ممکن تشخیص داده شده است. به گونه ای که شرکت با تمرکز بر این سه فاکتور از میان فاکتورهای دیگر و شناخت ریشه مشکل، به راحتی می تواند به رفع مشکل یعنی کاهش انحراف اسیدیته و pH نوشابه فانا از مقدار هدفشان بپردازد و چون این روش از روند ساده و در عین حال علمی ای بهره می برد، برای تمامی افراد که حتی از پایه آماری قوی برخوردار نیستند ولی درگیر با حل مشکلات و یا افزایش کیفیت محصول و یا فرایند هستند قابل درک می باشد و در نتیجه از شانس بسیار زیادی برای اجرا و پی گیری مداوم در مقایسه با دیگر روش های کشف ریشه مشکل کیفی و یا بهبود کیفیت برخوردار می باشد. لازم به ذکر است که در صورت اجرای کامل این روش علاوه بر یافتن ریشه مشکل ها قادر به برطرف سازی کامل آن ها نیز می باشد.

واژگان کلیدی: متغیرهای مهم، متغیرهای غیر مهم، هدف، اسیدیته، pH، حدود کنترل، طراحی آزمایش

۱- کارشناس ارشد مهندسی صنایع، دانشکده تحصیلات تکمیلی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد

*- نویسنده مسؤل

مقدمه:

با انجام بازرسی‌ها و کشف و اصلاح محصولات (خدمات) قدم موثری نمی‌توان در جهت افزایش کیفیت آن‌ها برداشت.

عواملی که باعث ایجاد مشکل‌های کیفی در محصول‌ها و خدمات شرکت‌ها و سازمان‌ها می‌گردد، طبق اصل پارتو^۲ می‌توان به تعداد کمی عوامل محدود نمود و یا تلاش برای شناخت این عوامل و کنترل آن‌ها می‌توان مشکلات را با صرف هزینه‌های کم برطرف نمود و یا اقدام‌های موثری در جهت بهبود در محصول و یا خدمت سازمان انجام داد.

روش سنتی طراحی آزمایش‌ها در زمینه‌های مختلفی تا به حال به کار رفته اند اشخاص همچون:

(1976)، (1979) Hendrix، Johnson (1987)

و... Dowlatshahi (2003) Danie،

و در این زمینه به فعالیت پرداختند. مقاله‌هایی نیز در زمینه اهمیت طراحی آزمایش‌ها نوشته شده اند و طراحی آزمایش‌ها را به عنوان یک ابزار موثر در افزایش رقابت پذیری برای محصول‌ها و فرایندها در سازمان‌ها معرفی شده است (Cupello, 1991).

روش شاینین به عنوان یکی از روش‌های طراحی آزمایش‌ها است، که بر اساس کاهش منابع تغییر به دو تا چهار منبع قابل مدیریت (Antony & Ho، 2003) Yuen Cheng اجرا می‌گردد، با داشتن روند ساده و قابل درکی از شانس بسیار زیادی جهت اجرای مداوم در سازمان‌ها و شرکت‌ها برخوردار می‌باشد و برخلاف دیگر روش‌های طراحی آزمایش‌ها از پیچیدگی کمتر و در عین حال انعطاف پذیری بیشتری برخوردار است. این روش در مقایسه با دوروش سنتی و تاگوچی از منابع کمتری برای طرح‌های بزرگ استفاده می‌کند (Antony, 1999) که یک امتیاز در مقایسه با؛ این دو

داشتن کیفیت تنها یک شعار و یا بیانی جذاب برای شرکت‌ها و سازمان‌هایی که در زمینه تولید و یا خدمت فعالیت دارند، نمی‌باشد. رسیدن به حد کیفی قابل پذیرش از دیدگاه مشتری که داور نهایی برای محصول‌ها و یا خدمت‌ها می‌باشد، مسیری طولانی و پرفراز و نشیب و شاید بی‌انتهاست. مسابقه‌ای که برای آن خط پایانی وجود ندارد و تنها تلاش مداوم تک تک اعضای یک سازمان است که باقی ماندن در مسیر مسابقه را تضمین می‌کند. با توجه به اینکه یک محصول با کیفیت به معنای عام یعنی محصولی که عملکرد مورد نظر مشتری را بدون وجود نتایج جانبی داشته باشد (مدهاو و فادکه، 1380).

کیفیت در دیدگاه مشتری بسیار با اهمیت است. امروزه شرکت‌ها و سازمان‌های جهانی دریافته‌اند که با وجود محصولات و خدمات متنوع و مشتری‌های هوشیار در صورتی که محصول‌ها و خدمت‌های آن‌ها از کیفیت مناسبی برخوردار نباشد، به سرعت از بازار رقابتی حذف خواهند شد و در نتیجه شرکت مزبور با زیان‌های بزرگی مواجه خواهد شد. لذا اهمیت داشتن کیفیت و بهبود مداوم آن از نظرها پوشیده نیست. کیفیت در مراکز تولیدی (خدماتی) در دو زمان قبل از تولید (ارائه خدمت) و در حین تولید (ارائه خدمت) مورد توجه می‌باشد. متأسفانه امروزه بیشتر شرکت‌ها به بحث‌های کنترل کیفیت در حین تولید (ارائه خدمت) اهمیت می‌دهند و اعمال کیفیت را قبل از تولید محصول و طراحی فرایند تولید (ارائه خدمت) و طراحی فرایند خدمت) به فراموشی می‌سپارند. غافل از اینکه چنانچه در مراحل طراحی به مسائل و روش‌های افزایش کیفیت اهمیت کمی داده شود در مراحل تولید (ارائه خدمات)

روش می‌باشد.

از این روش به عنوان راهکاری برای جداسازی تعداد محدودی فاکتور موثر بر یک متغیر پاسخ در میان (Ho Yuen Cheng & Antony 2003) تعداد زیادی فاکتور می‌توان بهره برد تمرکز بیشتر این روش بر جداسازی فاکتورهای کم اهمیت از فاکتورهای با اهمیت می‌باشد. هر چند می‌توان این روش را به صورت کامل به کار برد اما قدرت بالای این روش در جداسازی فاکتورهای با اهمیت و کم اهمیت در مقایسه با دیگر روش‌های طراحی آزمایش‌ها بسیاری از مشکلات را در شرکت‌ها و سازمان‌ها به دلیل معرفی فاکتورهای با اهمیت و تمرکز بر آن عوامل برطرف می‌سازد.

پیشینه روش شاینین:

روش جستجوی متغیرها که توسط دورین شاینین^۳ که یک- مشاور مدیریت کیفیت مشهور در کشور آمریکا- توسعه داده شد. این روش یکی از روش‌های طراحی آزمایش‌ها می‌باشد که برای یافتن متغیرهای بحرانی و مهم در فرایندهای تولید بسیار کارا است (Shainin and Shainin, 1988).

این روش را می‌توان به عنوان یک روش موثر در کاهش تغییرات نام برد و راهکاری است که بر روش طرح‌های عاملی برتری دارد. همچنین گفته شده است وقتی که تعداد متغیرهایی که برای ارزیابی انتخاب می‌شوند^۴ یا بیشتر باشند روش شاینین بسیار مفید می‌باشد (Antony, 1999).

در مطالعه ای برای نشان دادن قدرت و توانایی روش شاینین در شناسایی متغیرهای کلیدی و تشویق مهندسين برای استفاده در محیط کاری به عنوان یک ابزار حل مساله، این روش به کمک یک مثال ساده

توضیح داده شده است (Antony, 1999).

شاینین فاکتورهایی را که سهم قابل توجهی در ایجاد انحراف دارند، تحت عنوان سه فاکتور مهم شناسایی می‌کند. (Goodman & Wyld, 2001)

شاینین به شدت با کاربرد طرح‌های کسری عاملی برای آزمایش که اساس کار تاگوچی می‌باشد، مخالف بود و این به خاطر تداخل ایجاد شده میان اثرهای اصلی و اثرهای متقابل است. (Shainin, D and Shainin, p. 1988)

شاینین طرفدار کاهش منابع تغییر به تعداد قابل مدیریت عموماً^۲ بین ۲ تا ۴ می‌باشد بر این اساس وی از آزمایش با طرح‌های عاملی کامل جانبداری می‌کند (Logothetis, N, 1990).

در واقع هدف استفاده از آزمایش با طرح‌های عاملی کامل شناسایی تمامی اثرهای اصلی و متقابل فاکتورهای در نظر گرفته شده برای آزمایش می‌باشد. اهداف طراحی آزمایش‌ها به روش شاینین به ترتیب زیر می‌باشد:

۱- تفکیک متغیرهای مهم و بحرانی از متغیرهای غیر مهم با انجام کمترین تعداد آزمایش‌ها و در نتیجه کاهش و صرفه جویی در هزینه و زمان.

۲- شناسایی سه فاکتور:

1-2- فاکتور خیلی مهم (فاکتور X قرمز^۵)

2-2- دومین فاکتور مهم (فاکتور X صورتی^۶)

2-3- سومین فاکتور مهم (فاکتور X صورتی کم‌رنگ^۱)

۳- باز گذاشتن مقدار تلورانس برای متغیرهای غیر مهم که منجر به کاهش هزینه می‌گردد.

۴- تعیین تنظیمات بهینه برای سه فاکتور مهم شناسایی شده

(Antony, J and Ho Yuen Cheng, A, 2003)

4 Red X

5 Pink X

6 Pale Pink X

3 Dorian Shainin

سطوح بالا و پایین محاسبه می گردد:

(2) میانه متغیر پاسخ برای سطح پایین - میانه

متغیر پاسخ برای سطح بالا=DM

روش شاینین بیان می کند که چنانچه اختلاف

میانهها (DM) برای سه تکرار آزمایش بیشتر از میانگین

دو محدوده بالا و پایین (\bar{R}) به نسبت $\frac{1.25}{1}$ باشد،

می توان به قسمت بعدی یعنی فاز 2 رفت در غیر این

صورت متغیرهای انتخاب شده، متغیرهای با اهمیتی

نبوده و یا باید تغییراتی در سطوح آنها لحاظ نمود.

۲- محاسبه حدود کنترل برای میانه:

در این فاز به محاسبه حدود کنترلی برای میانه دو

آزمایش انجام گرفته می پردازیم و می توان برای حذف

ویا نگه داشتن آنها تصمیم گرفت. چنانچه M_2 بیانگر

میانه برای یک آزمایش که تمامی متغیرها در سطح

2 باشند، آنگاه حد کنترلی برای 90 درصد اطمینان از

فرمول زیر محاسبه می شود:

$$CL_2 = M_2 \pm 2.132 \times \left(\frac{\bar{R}}{d_2} \right) \quad (3)$$

در این فرمول عدد 2.132 مقداری مربوط به توزیع

(دو دنباله ای) با 90 درصد اطمینان و 4 درجه آزادی

(6-2=4) می باشد. 6 درجه های آزادی 6 آزمایش در

دو سطح می باشد و عدد 2 به دلیل وجود دو میانه،

2 درجه از مجموع درجه های آزادی (6) کم می شود.

مقدار d_2 یک ثابت آماری برابر 1.693 می باشد (بر

اساس اندازه نمونه یعنی تعداد آزمایش های انجام شده

در سطح بالا و یا پایین که برابر 3 می باشد).

مشابه حد کنترلی بالا حد کنترلی پایین نیز برای

مراحل اجرای روش طراحی آزمایشها به روش

شاینین بادر نظر گرفتن جزئیات با اهمیت به ترتیب زیر

است:

۱- بررسی و شناسایی مجموع متغیرها و

پارامترهای ورودی فرایند:

در این قسمت با برگزاری جلسه طوفان فکری

اهداف مساله و متغیر پاسخ مشخص می شود. سپس با

مشخص کردن فاکتورهای با اهمیت به هر فاکتور از دید

اعضای تیم به ترتیب، درجه اهمیتی اختصاص می یابد

(عدد 1 را به عنوان با اهمیت ترین و 2 و 3 و... را به

ترتیب فاکتورهای کم اهمیت تر می نامیم). در این جلسه

سعی می شود که فاکتورها را دسته بندی نموده و به هر

فاکتور دو سطح 1 و 1- که به ترتیب بیانگر سطح بالا

و پایین برای آن فاکتور می باشند، اختصاص داده شود.

این روش با اجرای آزمایشی، قرار دادن تمامی متغیرها

در سطح 1+ و سپس انجام آزمایش دیگر با قرار دادن

تمامی متغیرها در سطح 1- شروع می شود. سپس هر

آزمایش به صورت تصادفی دو بار تکرار می شود تا در

نهایت 6 آزمایش اجرا گردد. با داشتن نتیجه به دست

آمده از هر آزمایش به عنوان متغیر پاسخ،

محدوده \bar{R}_i متغیرهای پاسخ در هر دو سطح و سطح

میانگین تخمین زده می شود.

محدوده \bar{R}_i : فاصله بیشترین مقدار متغیر پاسخ از

کمترین مقدار برای آزمایش هایی که تمامی متغیرها در

سطح 1 قرار دارند.

میانگین محدوده ها (\bar{R}): متوسط مقدار محدوده ها

برابر است با:

$$\bar{R} = \frac{(\bar{R}_1 + \bar{R}_2)}{2} \quad (1)$$

سپس اختلاف میان میانه های متغیرهای پاسخ برای

وسپس فاکتور سوم و... اجرا می شود. "وقتی که 2 یا 3 متغیر با اهمیت شناخته شدند فاز 4 شروع می شود" (Logothetis, 1990).

۴- انجام آزمایش های تاییدی:

در این فاز به منظور تایید نتایج فازهای قبلی، آزمایشی با تنظیم فاکتورهای با اهمیت شناخته شده فاز تعویض، در سطوح بالای آنها و دیگر فاکتورها در سطح پایین آنها اجرا می شود. سپس آزمایش دیگری با تنظیم فاکتورهای با اهمیت شناخته شده فاز تعویض، در سطوح پایین آنها و دیگر فاکتورها در سطح بالای آنها اجرا می گردد. آزمایش های تاییدی تضمین کننده صحت نتایج گرفته شده می باشند، در صورتی که متغیر پاسخ در حدود محاسبه شده میانه ها قرار بگیرد.

چنانچه آزمایش تاییدی به قسمی که گفته شد صحت نتایج را تایید نکرد، یعنی متغیر پاسخ در حدود محاسبه شده میانه ها قرار نگرفت، یا فاکتورهای بااهمیتی در فاز یک در نظر گرفته نشده است یا باید تعدادی بیشتر متغیر با اهمیت از لیست متغیرهای انتخاب شده، انتخاب نمود. تایید فازهای قبل به معنای شناخت سه فاکتور (بسیار با اهمیت=X قرمز، فاکتور با اهمیت=X صورتی، فاکتور با درجه سوم اهمیت=X صورتی کم رنگ) به عنوان علت اصلی مشکل های کیفی و یا فرایندی می- باشد.

۵- آنالیز عاملی:

در این فاز به تخمین اثرها و اثرهای متقابل میان فاکتورها ی با اهمیت پرداخته می شود و سپس به کمک تحلیل واریانس اهمیت آماری فاکتورها بررسی می شود. شایین استفاده از نمودارهای اثر متقابل را برای بررسی تقابل متغیرها پیشنهاد می کند. در این مقاله تمرکز بر

زمانی که در آزمایش تمامی فاکتورها در سطح پایین قرار دارند، برای سطح اطمینان 90 درصد محاسبه می شود:

$$CL_1 = M_1 \pm 2.132 \times \left(\frac{\bar{R}}{d_2} \right) \quad (4)$$

در فرمول ارائه شده M_1 بیانگر میانه برای یک آزمایش که تمامی متغیرها در سطح 1 باشند، معرفی می شود و بقیه ی موارد مشابه می باشند.

بنابراین از حدود کنترل برای شناسایی اهمیت متغیرها (متغیرهای مهم و غیر مهم) استفاده می شود. در صورتی که متغیری در حدود مشخص شده قرار نگیرد به عنوان متغیر غیر مهم شناسایی شده و قابل حذف است.

۳- تفکیک متغیرهای مهم و بحرانی از متغیرهای غیر مهم:

در این قسمت که به نام فاز تعویض^۷ معروف است، در ابتدا یک آزمایش (به عنوان مثال آزمایش 7) در حالی که اولین متغیر مهم در سطح پایین قرار می گیرد و دیگر متغیرها در سطح بالا تنظیم می شوند، انجام می شود، سپس آزمایش دیگری (به عنوان مثال آزمایش 8) مشابه با آزمایش قبل با تغییر سطح اولین فاکتور مهم در سطح بالا و دیگر فاکتورها در سطح پایین اجرا می گردد. چنانچه پاسخ به دست آمده از دو آزمایش انجام گرفته در حدود میانه قرار بگیرد اثر تک متغیر تغییر (اولین فاکتور مهم) داده شده بی اهمیت می باشد و برعکس چنانچه پاسخ به دست آمده از دو آزمایش انجام گرفته در حدود میانه قرار نگیرد اثر تک، متغیر تغییر داده شده و یا اثر متقابل آن با اهمیت می باشد و بر پاسخ تاثیر گذار است. فاز تعویض را به ترتیب برای فاکتور دوم

⁷ Swapping Phase

چهار مرحله قبلی می‌باشد.

در اجرای روش طراحی آزمایش‌ها در شرکت روز

نوش کرمانشاه نوشابه فانا تولیدی از تاریخ تا

1387/1/1 تا 1387/3/1 با تولید 37500000 بطر، به

عنوان جامعه آماری که بررسی میزان اسیدیته و pH به

عنوان یک ویژگی قابل اندازه‌گیری میان تمامی نمونه‌ها

(نوشابه فانا) مشترک می‌باشد، در نظر گرفته شده است.

به این ترتیب با گرفتن نمونه از این جامعه آماری به

انجام تحقیق پرداخته و نتایج حاصل به این جامعه تعمیم

داده شده است.

روش تحقیق:

روشهای متفاوتی برای ارتقاء سطح کیفی وجود

دارد. دورین شاینین 7 ابزار مشهور طراحی آزمایش‌ها

برای بهبود کیفیت محصول و فرایند توسعه و ارتقاء داد:

۱- نمودارهای چند متغیره

۲- جستجوی مرکب

۳- مقایسه های جفتی

۴- جستجوی متغیرها

۵- طرح های عاملی کامل

۶- B vs C

۷- نمودارهای پراکنندگی (Antony, 1999).

اجرای طراحی آزمایش‌ها که شاینین به عنوان یک

ابزار کارا در بهبود کیفیت معرفی نموده است، از روند

خاصی پیروی می‌کند. در روش اجرایی برای این مقاله

طبق روش شاینین از روند زیر استفاده می‌گردد:

(۱) "تعیین متغیرهای ورودی و یافتن متغیرهای

مناسب.

(۲) محاسبه حدود کنترل.

(۳) مشخص کردن متغیرهای اساسی و غیر اساسی.

(۴) انجام آزمایش‌های تاییدی (متغیرهای اساسی

درست انتخاب شده اند).

مبحث آنالیز عاملی از این روند حذف شده است

زیرا تمرکز این مقاله بر نحوه شناخت عوامل موثر و مهم

و نحوه تفکیک آن‌ها از دیگر عوامل می‌باشد.

نمونه و روش نمونه گیری :

در این تحقیق با توجه به توانایی شرکت در

انجام آزمایش‌ها و زمان و بودجه مورد نیاز در بررسی

متغیرهای پاسخ تعداد سه نمونه برای هر آزمایش نمونه

بردارای شده است.

قابل ذکر است که با توجه به داشتن دو نوع متغیر

پاسخ، تعداد 6 متغیر پاسخ از سه نمونه قابل دستیابی

می‌باشد. که نمونه‌ها به صورت کاملاً تصادفی جمع

آوری شده اند.

روش تحلیل:

به کمک نرم افزار Qualitek-4 به محاسبه مقدار

معیار ارزیابی کلی پرداخته شده است.

اجرا و نتایج اجرا:

۱- بررسی و شناسایی مجموع متغیرها و

پارامترهای ورودی فرایند:

در این قسمت با برگزاری جلسه طوفان ذهنی

اهداف مساله، متغیر پاسخ، عوامل مهم و مرتبط با فرایند

تحت بررسی از دید افراد گروه مشخص می‌شوند و

فاکتورها را دسته بندی نموده و به ترتیبی که از دید

جامعه آماری:

جامعه آماری عبارت است از مجموعه ای از نمونه

ها که دارای یک ویژگی مشترک قابل اندازه‌گیری باشد

انتخاب عوامل و تعیین سطوح آن‌ها:

به کمک نظرهای کارشناسان و کارکنان شرکت و برگزاری جلسه‌ها طوفان فکری و نمودار علت و معلول عوامل موثر بر اسیدیته و pH نوشابه فانا و سطوح آن‌ها در جدول قبلاً^۱ معرفی شده است. میزان اهمیت هر کدام از فاکتورها در ستون درجه اهمیت از شماره 1 تا 5 از با اهمیت‌ترین تا کم اهمیت‌ترین مشخص شده‌اند. همان طور که در جدول ۱ مشخص است تعداد 5 عامل در دو سطح از دید صاحب نظران این شرکت به ترتیب اهمیتی که بر اسیدیته و pH نوشابه فانا دارند، مشخص شده است.

انتخاب متغیر پاسخ:

برای اسیدیته و pH آب شرب به صورت استاندارد محدوده خاصی وجود دارد (شریعت پناهی، 1380).
نوشابه نیز که از آب و مواد دیگر تشکیل شده است دارای محدوده‌ی خاصی برای اسیدیته و pH می‌باشد. چنانچه اسیدیته و pH در محدوده مورد نظر قرار بگیرد، از لحاظ پذیرش محصول مشکلی وجود ندارد.

کارشناسان اهمیت دارد رتبه بندی می‌گردند. سپس به هر فاکتور دو سطح 1+ و 1- که به ترتیب بیانگر سطح بالا و پایین برای آن فاکتور می‌باشند اختصاص می‌یابد.

شناسایی و بیان مساله:

یکی از مشکل‌های شرکت روز نوش کرمانشاه تغییر مداوم اسیدیته و pH نوشابه فانا می‌باشد. به گونه ای که اگر اسیدیته و pH نوشابه در محدوده استاندارد مشخص شده قرار نگیرد، محصول از لحاظ استاندارد مورد تایید موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی نخواهد بود و میزان اسیدیته نوشابه فانا که توسط این موسسه مورد تایید می‌باشد بین 1/ تا 2/ پیشنهاد شده است و میزان pH نوشابه فانا بین 2/8 تا 3/2 به عنوان یک محدوده مناسب ارائه شده است و بنابر توافق متخصصین تغییرات اسیدیته و pH نوشابه پیرامون هدف‌ها که میانگین محدوده‌ها می‌باشند به عنوان مشکل اصلی مطرح شد و یافتن فاکتورهای موثر بر این انحراف مد نظر قرار گرفته است.

جدول ۱- معرفی فاکتورها و میزان اهمیت آن‌ها

فاکتور	اهمیت	نام معرف	محدوده استاندارد	سطح اول	سطح دوم
سختی آب تصفیه شده	2	A	40-87	40-62	65-87
قلیائیت آب (2P-M)	3	B	2-4.7	2-3	3/7-4/7
pH تانک تصفیه آب	1	C	8.5-9.8	8.5-9	9.3-9.8
گاز نوشابه فانا	5	D	3.5-4.5	3.5-3.9	4.1-4.5
بریکس ^۸ نوشابه فانا	4	E	10.7-11	10.7	11

⁸ Brix: مواد جامد معلق

pH برای اسیدیته و Y0 مقدار

اما می‌دانیم که کاهش انحراف از مقدار هدف برای دو مقدار اسیدیته و pH نوشابه فانا به صورت هم زمان مورد نظر می‌باشد و چون متغیرهای تأثیرگذار بر این دو مقدار مشترک می‌باشد بنابراین بهینه‌سازی هر کدام از هدف‌ها به صورت جدا ما را به هدف مورد نظر نمی‌رساند. به کمک روش معیار ارزیابی کلی (OEC) می‌توان به چند هدف به صورت هم زمان دست یافت. در این روش در ابتدا باید در جدول معیار ارزیابی کلی مقادیر خاصی را طبق نظر تیم اجرایی طراحی آزمایش‌ها مشخص نمود.

این روش در جدول و فرمول 5 نشان داده شده

است:

اما قرار گرفتن مقدار اسیدیته و pH نوشابه فانا بر روی مقدار هدف و کمترین انحراف از آن همان طور که قبلاً گفته شد دو هدف اصلی شرکت می‌باشند. میزان اسیدیته نوشابه فانا که توسط سازمان استاندارد مورد تایید است بین 0/1 تا 0/2 پیشنهاد شده و میزان pH نوشابه فانا بین 2/8 تا 3/2 به عنوان یک محدوده مناسب ارائه شده است.

بنابراین داریم:

$$Y0 \text{ Acidity} = (0.1 + 0.2) / 2 = 0.15$$

$$Y0 \text{ pH} = (2.8 + 3.2) / 2 = 3$$

برای اینکه اعداد بیشتر قابل توجه باشند مقادیر را

در عدد 1000 ضرب می‌کنیم پس داریم:

$$Y0 \text{ Acidity} = 150$$

$$Y0 \text{ pH} = 300$$

نوشابه فانا برابر متوسط محدوده استاندارد می‌باشد.

جدول ۲- اهداف و شرایط آنها برای محاسبه معیار کلی ارزیابی

معیار	بدترین	بهترین	کاراکنتر کیفی	درصدوزنی	نمونه 1
Y1	Y1W	Y1B	B	I1	N11
Y2	Y2W	Y2B	N	I2	N12
Y3	Y3W	Y3B	S	I3	N13

فرمول 2-4 را می‌توان به عنوان یک فرمول کلی برای محاسبه مقدار معیار ارزیابی کلی که ماکزیمم سازی آن مورد نظر

است، استفاده نمود:

$$OEC = \left[\frac{(N_{11} - Y_{1W})}{(Y_{1B} - Y_{1W})} \right] \times I_1 + \left[1 - \frac{|Y_{2B} - N_{12}|}{(Y_{2B} - Y_{2W})} \right] \times I_2 + \left[1 - \frac{(N_{13} - Y_{3B})}{(Y_{3W} - Y_{3B})} \right] \times I_3 \quad (5)$$

بنابراین برای دو هدف اسیدیته و pH نوشابه فانا داریم:

جدول ۳- اسیدیته pH و شرایط آنها برای محاسبه معیار کلی ارزیابی

معیار	بدترین	بهترین	کاراکنتر کیفی	درصدوزنی	نمونه 1	نمونه 2	نمونه 3
اسیدیته	100	150	N	55	N11	N12	N13
pH	2800	3000	N	45	N21	N22	N23

این روش به کمک فرمول 5 یک مقدار نهایی را برای اسیدیته و pH نوشابه فانا برای هر نمونه در هر تیمار محاسبه می‌کند:

$$OEC = \left[\left(1 - \left(\frac{|150 - N_{11}|}{150 - 100} \right) \right) \times 55 \right] + \left[\left(1 - \left(\frac{|3000 - N_{21}|}{3000 - 2800} \right) \right) \times 45 \right]$$

تقسیم‌بندی نمود. با توجه به اینکه انحراف از عدد 100 برای ما مهم می‌باشد پس از کاراکتر کیفی اسمی بهتر برای محاسبه میانگین مربع انحرافها استفاده می‌شود.

اسمی بهتر:

در این دسته از داده‌ها یک هدف اصلی وجود دارد و آن کاهش انحراف یک مقدار خاص می‌باشد به عبارت دیگر انحراف از این مقدار خاص را به عنوان یک مقدار که کاهش آن برای ما مطلوب می‌باشد مد نظر قرار می‌گیرد.

طبق فرمول 1-2 داریم:

داده‌های نمونه برداری شده: $y_1, y_2, y_3, y_4, \dots, y_n$

کاراکتر کیفی: اسمی (N)

هدف: y_0

$$MSD = \frac{[(y_1 - y_0)^2 + 000 + (y_n - y_0)^2]}{n}$$

همان‌طور که در فرمول میانگین مربع انحرافها مشخص می‌باشد، کاهش از یک مقدار (y_0) مورد نظر می‌باشد که برای رسیدن به این هدف کم‌ترین مقدار برای MSD را به عنوان مطلوب‌ترین در نظر می‌گیریم.

عدد به دست آمده به عنوان انحراف از عدد 100 در نظر گرفته شده است، بنابراین کم‌ترین مقدار برای این مقادیر به عنوان مقدارهای بهینه می‌باشند و با در نظر گرفتن این مطلب که متغیر پاسخ کوچکتر همواره

اگر تمام مقادیر (مقدار نمونه‌ها) در مقدار های اسمی خود قرار بگیرند بهترین مقدار که برای OEC حاصل می‌شود، عبارت داخل قدر مطلق صفر شده و مقدار OEC برابر: $OEC = (1 \times 55) + (1 \times 45) = 100$ می‌گردد.

به گونه‌ای که اگر به مقدار 100 برای هر OEC برسیم بهترین حالت به دست آمده است. می‌توان کاراکتر کیفی نهایی (S/N) را برای OEC مقدار اسمی بهتر با هدف 100 (Target=100) در نظر گرفت. بعد از محاسبه مقادیر OEC برای تمامی نمونه‌ها در هر تیمار به راحتی می‌توان محاسبه مقدار انحراف هر OEC از عدد 100 به متغیر پاسخ دست یافت. برای محاسبه انحراف از مقدار عددی از میانگین مربع انحرافها می‌توان استفاده نمود.

میانگین مربع انحرافها:

تغییراتی که در یک گروه از داده‌ها وجود دارد، می‌تواند به تنهایی به عنوان یک متغیر پاسخ که بیانگر میزان فاصله از مقدار هدف است، در نظر گرفته شود. به‌طور کلی برای یک گروه از داده‌های هدف خاص وجود دارد که با توجه به ماهیت آنها این مقدار را می‌توان به نام کاراکترهای کیفی (QC) به سه نوع معروف:

۱- مقدار اسمی - بهتر (N)

۲- مقدار کوچکتر - بهتر (S)

۳- مقدار بزرگتر - بهتر (B)

بهرتر می‌باشد، در ترکیب‌های آزمایشی می‌توان به محاسبه اثرها و موارد مورد نیاز مبادرت نمود.

متغیرها در سطح 1+ و سپس با انجام آزمایش دیگر با قرار دادن تمامی متغیرها در سطح 1- شروع می‌شود، سپس هر آزمایش به صورت تصادفی دو بار تکرار می‌شود:

اجرای آزمایشی:

این روش با اجرای آزمایشی، با قرار دادن تمامی

جدول 4- متغیرهای پاسخ برای آزمایش‌های 1 تا 6 روش شاینین که در 1000 ضرب شده اند

شماره آزمایش	فاکتورها					متغیر پاسخ					
						اسیدیته			pH		
	A	B	C	D	E	تکرار 1	تکرار 2	تکرار 3	تکرار 1	تکرار 2	تکرار 3
1	1	1	1	1	1	110	100	120	2940	2950	2900
2	2	2	2	2	2	115	100	105	2870	2950	2950
3	1	1	1	1	1	110	120	119	2940	2900	2910
4	2	2	2	2	2	116	120	108	2880	2850	2940
5	1	1	1	1	1	100	120	120	2950	2910	2920
6	2	2	2	2	2	118	120	105	2870	2850	2950

حال به کمک معیار ارزیابی کلی (OEC) می‌توان دو متغیر پاسخ اسیدیته و pH نوشابه فانا را به یک متغیر پاسخ تبدیل نمود. در جدول 3 کاراکترهای مورد نیاز روش شاینین را مشخص می‌کند.

جدول ۵- مقادیر OEC آزمایش‌های 1-6 برای روش شاینین

آزمایش	تکرار	اسیدیته	pH	نتایج
1	1	110	2940	42.5
1	2	100	2950	33.75
1	3	120	2900	44.5
2	1	115	2870	32.25
2	2	100	2950	33.75
2	3	105	2950	39.25
3	1	110	2940	42.5
3	2	120	2900	44.5
3	3	119	2910	45.65
4	1	116	2880	35.59
4	2	120	2850	32.25
4	3	108	2940	40.29
5	1	100	2950	33.75
5	2	120	2910	46.75
5	3	120	2920	49
6	1	118	2870	35.54
6	2	120	2850	33.25
6	3	105	2950	39.25

حال با توجه به مقادیر به دست آمده به محاسبه انحراف هر مقدار از عدد 100 به کمک فرمول MSD برای کاراکتر کیفی اسمی بهتر پرداخته می شود:

جدول ۶- مقادیر MSD آزمایش های 1-6 برای روش شاینین

شماره آزمایش	Y1	Y2	Y3	MSD=($\sum(Y_i-100)^2$)/n
1	42.5	33.75	44.5	3591.85
2	32.25	33.75	39.25	4223.23
3	42.5	44.5	45.65	3113.47
4	35.59	33.25	40.29	4056.50
5	33.75	46.75	49	3275.21
6	35.54	33.25	39.25	4100.41

بنابراین متغیر پاسخ نهایی برای این 6 آزمایش انجام گرفته برابر است با:

جدول 7- متغیرهای پاسخ نهایی آزمایش های 1-6 برای روش شاینین

شماره آزمایش	فاکتورها					متغیر پاسخ نهایی
	A	B	C	D	E	
1	1	1	1	1	1	3591.85
2	2	2	2	2	2	4223.23
3	1	1	1	1	1	3113.47
4	2	2	2	2	2	4056.50
5	1	1	1	1	1	3275.21
6	2	2	2	2	2	4100.41

طبق فرمول 2-21 برابر است با:

$$\bar{R} = \frac{478.38 + 166.73}{2} = 322.56$$

سپس اختلاف میان میانه های متغیرهای پاسخ را برای سطوح بالا و پایین با توجه به فرمول 2-22 محاسبه می کنیم:

$$DM = 4100.41 - 3275.21 = 825.2$$

روش شاینین بیان می کند که چنانچه اختلاف میانه ها (DM) برای سه تکرار آزمایش بیشتر از میانگین

با داشتن نتیجه به دست آمده از هر آزمایش به

عنوان متغیر پاسخ، محدوده \bar{R} متغیرهای پاسخ در هر دو سطح و سطح میانگین را تخمین می زنیم.

محدوده \bar{R}_i : فاصله بیشترین مقدار متغیر پاسخ از کمترین مقدار برای آزمایش هایی که تمامی متغیرها در سطح \bar{R} قرار دارند.

$$\begin{aligned} \bar{R}_1 &= 3591.85 - 3113.47 = 478.38 \\ \bar{R}_2 &= 4223.23 - 4056.50 = 166.73 \end{aligned}$$

میانگین محدوده ها \bar{R} : متوسط مقدار محدوده ها

مشابه حد کنترلی بالا حد کنترلی پایین نیز برای زمانی که در آزمایش تمامی فاکتورها در سطح پایین قرار دارند، برای سطح اطمینان 90 درصد، با استفاده از فرمول 4 محاسبه می شود. در فرمول ارائه شده M_1 بیانگر میانه برای یک آزمایش که تمامی متغیرها در سطح 1 باشند، معرفی می شود و بقیه موارد مشابه می باشند. سپس حدود کنترلی وقتی که تمامی متغیرها در سطح پایین خود قرار دارند را محاسبه می کنیم. بر طبق فرمول این حدود برابر است با:

$$CL_1 = 3275.21 + 2.776 \times \left(\frac{322.56}{1.693} \right) = 2869.009$$

$$CL_1 = 3275.21 - 2.776 \times \left(\frac{322.56}{1.693} \right) = 3681.411$$

پس بازه اطمینان برای وقتی که تمامی متغیرها در سطح بالای خودشان قرار دارند برابر است با:
(2869/009,3681/411)
همان طور که قبلاً گفته شد، از حدود کنترل برای شناسایی اهمیت متغیرها (متغیرهای مهم و غیر مهم) استفاده می شود. در صورتی که تغییری در حدود مشخص شده برای دو آزمایش قرار بگیرد، به عنوان متغیر غیر مهم شناسایی شده و قابل حذف است.

3-3-4- تفکیک متغیرهای مهم و بحرانی از

متغیرهای غیر مهم:

همان طور که قبلاً در جدول 1 اولویت بندی فاکتورها مشخص شد با اهمیت ترین فاکتور، فاکتور C می باشد. پس مطالب گفته شده را در مورد این فاکتور پی گیری می شود.

دو محدوده بالا و پایین (\bar{R}) به نسبت $\frac{1/25}{1}$ باشد، می توان به قسمت بعدی یعنی فاز 2 رفت در غیر این صورت متغیرهای انتخاب شده متغیرهای با اهمیتی نبوده و یا باید تغییرهای در سطوح آنها لحاظ نمود.

$$2.56 = \frac{825.2}{322.56}$$

اختلاف میانهها (DM) برای سه تکرار آزمایش بیشتر از میانگین دو محدوده بالا و پایین (\bar{R}) به نسبت $\frac{1/25}{1}$ بوده، بنابراین می توان به قسمت بعدی یعنی فاز 2 رفت.

4-3-2- محاسبه حدود کنترل برای میانه:

در این فاز به محاسبه حدود کنترلی برای میانه دو آزمایش انجام گرفته می پردازیم. حدود کنترلی برای تعیین اینکه یک متغیر مهم می باشد یا نه به کار می روند و به این ترتیب ما می توانیم برای حذف و یا نگه داشتن آنها تصمیم بگیریم. چنانچه M_2 بیانگر میانه برای یک آزمایش که تمامی متغیرها در سطح 2 باشند، بوده آنگاه حد کنترلی برای 90 درصد اطمینان از فرمول 3 محاسبه می شود.

بنابراین برای مساله بررسی اسیدیته و pH نوشابه فانا در ابتدا حدود کنترلی وقتی که تمامی متغیرها در سطح بالا قرار دارند را محاسبه می کنیم. بر طبق فرمول این حدود برابر است با:

$$CL_2 = 4100.41 + 2.132 \times \left(\frac{322.56}{1.693} \right) = 4506.611$$

$$CL_2 = 4100.41 - 2.132 \times \left(\frac{322.56}{1.693} \right) = 3694.209$$

پس بازه اطمینان برای وقتی که تمامی متغیرها در سطح بالای خودشان قرار دارند برابر است با:
(3694/209,4506/611)

جدول ۸- متغیرهای پاسخ برای آزمایش 7 و 8

شماره آزمایش	فاکتورها					متغیر پاسخ					
						اسیدیته			pH		
	A	B	C	D	E	تکرار 1	تکرار 2	تکرار 3	تکرار 1	تکرار 2	تکرار 3
7	2	2	1	2	2	115	100	105	2870	2800	2950
8	1	1	2	1	1	110	100	106	2950	2945	2940

از معیار ارزیابی کلی را معرفی می‌کند به محاسبه مقدار متغیر پاسخ نهایی به کمک معیار ارزیابی کلی پرداخته می‌شود.

جدول 9- مقادیر OEC آزمایش های 7 و 8 برای روش شاینین

آزمایش	تکرار	اسیدیته	pH	نتایج
7	1	115	2870	32.25
7	2	100	2800	0
7	3	105	2950	39.25
8	1	108	2860	22.25
8	2	100	2945	32.62
8	3	106	2940	38.09

حال با توجه به مقادیر به دست آمده به محاسبه انحراف هر مقدار از عدد 100 به کمک فرمول MSD برای کاراکتر کیفی اسمی بهتر می‌پردازیم:

جدول 10- مقادیر MSD آزمایش های 7 و 8 برای روش شاینین

شماره آزمایش	Y1	Y2	Y3	$MSD = (\sum(Y_i - 100)^2) / n$
7	32.25	0	39.25	6093.54
8	22.25	32.62	38.09	4805.99

حال به بررسی با اهمیت یا بی اهمیت بودن، اثر تک متغیر (اولین فاکتور مهم) تغییر داده شده پرداخته می‌شود.

جدول ۱۱- بررسی اهمیت یا بی اهمیت بودن فاکتور C

شماره آزمایش	متغیر پاسخ نهایی (MSD)	حدود اطمینان	خارج از حدود اطمینان	با اهمیت / بی اهمیت
7	6093.54	(3694.209, 4506.611)	✓	با اهمیت
8	4805.99	(2869.009, 3681.411)	✓	با اهمیت

فاز تعویض را به ترتیب برای فاکتور دوم و سپس فاکتور سوم و... اجرا می‌کنیم. بعد از فاکتور C فاکتور با اهمیت، فاکتور A می‌باشد. پس مطالب گفته شده در مورد این فاکتور پی گیری می‌شود.

جدول ۱۲- متغیر های پاسخ برای آزمایش های 9 و 10 روش شاینین

شماره آزمایش	فاکتورها					متغیر پاسخ					
						اسیدیته			pH		
	A	B	C	D	E	تکرار 1	تکرار 2	تکرار 3	تکرار 1	تکرار 2	تکرار 3
9	1	2	2	2	2	100	106	105	2970	2850	2860
10	2	1	1	1	1	100	100	100	2980	3000	2920

با توجه به جدول 4-15 که اختصاصات لازم برای استفاده از معیار ارزیابی کلی را معرفی می کند به محاسبه مقدار متغیر پاسخ نهایی می پردازیم.

جدول 13- مقادیر OEC آزمایش های 9 و 10 برای روش شاینین

آزمایش	تکرار	اسیدیته	pH	نتایج
9	1	100	2970	38.25
9	2	106	2850	17.85
9	3	105	2860	19
10	1	100	2980	40.5
10	2	100	3000	45
10	3	100	2920	27

حال با توجه به مقادیر به دست آمده به محاسبه انحراف هر مقدار از عدد 100 به کمک فرمول MSD برای کاراکتر کیفی اسمی بهتر می پردازیم.

جدول 14- مقادیر MSD آزمایش های 9 و 10 برای روش شاینین

شماره آزمایش	Y1	Y2	Y3	$MSD = (\sum(Y_i - 100)^2) / n$
9	38.25	17.85	19	5707.56
10	40.5	45	27	3964.75

حال به بررسی با اهمیت یا بی اهمیت بودن، اثر تک متغیر (دومین فاکتور مهم) تغییر داده شده پرداخته می شود.

جدول ۱۵- بررسی اهمیت یا بی اهمیت بودن فاکتور A

شماره آزمایش	متغیر پاسخ نهایی MSD	حدود اطمینان	خارج از حدود اطمینان	با اهمیت / بی اهمیت
9	5707.56	(3694.209, 4506.611)	✓	با اهمیت
10	3964.75	(2869.009, 3681.411)	✓	با اهمیت

بعد از فاکتور A فاکتور B با اهمیت بعدی، فاکتور B می باشد. پس مطالب گفته شده را در مورد این فاکتور پی گیری

می کنیم.

جدول ۱۶- متغیرهای پاسخ برای آزمایش های 11 و 12 روش شاینین

شماره آزمایش	فاکتورها					متغیر پاسخ					
						اسیدیته			pH		
	A	B	C	D	E	تکرار 1	تکرار 2	تکرار 3	1 تکرار	2 تکرار	3 تکرار
11	2	1	2	2	2	100	109	100	2990	2890	2940
12	1	2	1	1	1	130	140	109	2920	2810	2960

با توجه به جدول 4-15 که اختصاصات لازم برای استفاده از معیار ارزیابی کلی را معرفی می کند به محاسبه مقدار متغیر پاسخ نهایی پرداخته می شود.

جدول ۱۷- مقادیر OEC آزمایش 11 برای روش شاینین

آزمایش	تکرار	اسیدیته	pH	نتایج
11	1	100	2990	42.75
11	2	109	2890	30.14
11	3	100	2940	31.5
12	1	130	2920	60
12	2	140	2810	64.25
12	3	109	2960	45.9

حال با توجه به مقادیر به دست آمده به محاسبه انحراف هر مقدار از عدد 100 به کمک فرمول MSD برای کاراکتر کیفی اسمی بهتر می پردازیم:

جدول 18- مقادیر MSD آزمایش های 11 و 12 برای روش شاینین

شماره آزمایش	Y1	Y2	Y3	$MSD = (\sum(Y_i - 100)^2) / n$
11	42.75	30.14	31.5	4283.41
12	60	46.25	45.9	2471.96

حال به بررسی با اهمیت یا بی اهمیت بودن، اثر تک متغیر (سومین فاکتور مهم) تغییر داده شده پرداخته می شود.

جدول ۱۹- بررسی اهمیت یا بی اهمیت بودن فاکتور B

شماره آزمایش	متغیر پاسخی MSD	حدود اطمینان	خارج از حدود اطمینان	با اهمیت / بی اهمیت
11	4283.41	(3694.209, 4506.611)	x	بی اهمیت
12	2471.96	(2869.009, 3681.411)	✓	با اهمیت

چون تنها یکی از دو متغیر پاسخ در خارج از فاصله اطمینان قرار گرفته نمی توانیم آن را به عنوان یک متغیر پاسخ با اهمیت به حساب بیاوریم پس به سراغ فاکتور با اهمیت بعدی می رویم:

بعد از فاکتور B فاکتور با اهمیت بعدی، فاکتور E می باشد. پس مطالب گفته شده را در مورد این فاکتور پی گیری می کنیم.

جدول ۲۰- متغیر های پاسخ برای آزمایش های 13 و 14 روش شاینین

شماره آزمایش	فاکتورها					متغیر پاسخ					
						اسیدیته			pH		
	A	B	C	D	E	تکرار 1	تکرار 2	تکرار 3	تکرار 1	تکرار 2	تکرار 3
13	2	2	2	2	1	115	100	105	2870	2800	2950
14	1	1	1	1	2	110	100	100	2940	2950	2940

حال به محاسبه مقدار متغیر پاسخ نهایی می شود:

جدول 21- مقادیر OEC آزمایش های 13 و 14 برای روش شاینین

آزمایش	تکرار	اسیدیته	pH	نتایج
13	1	115	2870	32.25
13	2	100	2800	0
13	3	105	2950	39.25
14	1	110	2940	31.25
14	2	100	2950	33.75
14	3	100	2940	44.5

حال با توجه به مقادیر به دست آمده به محاسبه انحراف هر مقدار از عدد 100 به کمک فرمول MSD برای کاراکتر کیفی اسمی بهتر می شود.

جدول 22- مقادیر MSD آزمایش های 13 و 14 برای روش شاینین

شماره آزمایش	Y1	Y2	Y3	$MSD = (\sum (Y_i - 100)^2) / n$
13	32.25	0	39.25	6093.54
14	31.5	33.75	44.5	4053.85

حال به بررسی با اهمیت یا بی اهمیت بودن، اثر تک متغیر (چهارمین فاکتور مهم) تغییر داده شده پرداخته می شود.

جدول ۲۳- بررسی اهمیت یا بی اهمیت بودن فاکتور E

شماره آزمایش	متغیر پاسخ نهایی MSD	حدود اطمینان	خارج از حدود اطمینان	با اهمیت / بی اهمیت
13	6093.54	(3694.209, 4506.611)	✓	با اهمیت
14	4053.85	(2869.009, 3681.411)	✓	با اهمیت

حال با شناخته شدن سه متغیر E, A, C که به ترتیب به عنوان فاکتورهای با اهمیت شناخته شدند می توان به فاز بعدی رفت.

4-3-4- انجام آزمایش تاییدی:

این فاز به منظور تایید نتایج گرفته شده در فاز های قبلی اجرا می شود:

جدول ۲۴- فاکتورهای با اهمیت از دید روش شاینین

C	بسیار با اهمیت = X قرمز
A	با اهمیت = X صورتی
E	فاکتور با درجه سوم اهمیت = X صورتی کم رنگ

در جدول 25 آزمایش های تاییدی برای بررسی صحت نتایج قبلی ارائه شده است:

جدول ۲۵- آزمایش های تاییدی

شماره آزمایش	فاکتورها					متغیر پاسخ					
						اسیدیته			pH		
	A	B	C	D	E	تکرار 1	تکرار 2	تکرار 3	1 تکرار	2 تکرار	3 تکرار
15	2	1	2	1	2	108	111	109	2895	2913	2897
16	1	2	1	2	1	120	125	109	2910	2810	2960

حال برای تبدیل دو مقدار اسیدیته و pH از معیار ارزیابی کلی استفاده می گردد . بعد از وارد کردن اطلاعات به نرم افزار ، به کمک فرمول معیار ارزیابی کلی (OEC) دو مقدار متغیر پاسخ به یک مقدار ، تبدیل می شود.

جدول 26- مقادیر OEC برای آزمایش های تاییدی روش شاینین

آزمایش	تکرار	اسیدیته	pH	نتایج
15	1	108	2895	30.17
15	2	111	2913	37.52
15	3	109	2897	31.72
16	1	120	2910	46.75
16	2	125	2810	29.75
16	3	109	2960	45.9

در جدول ارائه شده مقدار متغیر پاسخ نهایی برای آزمایش 15 و 16 انجام گرفته ، توسط معیار ارزیابی کلی با تبدیل دو مقدار اسیدیته و pH نوشابه فانا ، برای هر تکرار در هر آزمایش به دست آمده است . حال با توجه به مقادیر به دست آمده به محاسبه انحراف هر مقدار از عدد 100 به کمک فرمول MSD برای کاراکتر کیفی اسمی بهتر پرداخته می شود.

جدول 27-مقادیر MSD آزمایش های تاییدی روش شاینین

شماره آزمایش	Y1	Y2	Y3	$MSD = (\sum(Y_i - 100)^2) / n$
15	30.17	37.52	31.72	4480.71
16	46.75	29.75	45.9	3565.81

در واقع انجام آزمایش های تاییدی تصدیقی بر این ادعا می باشد که متغیرهای انتخاب شده، فاکتورهای مهم و تاثیر گذاری بر نتیجه حاصله از انجام آزمایش ها بوده و متغیرهای با اهمیت انتخاب شده اند. فاکتور بسیار با اهمیت $X =$ قرمز، فاکتور با اهمیت $X =$ صورتی، فاکتور با درجه سوم اهمیت $X =$ صورتی کم رنگ علت اصلی مشکلات کیفی و یا فرایندی می باشند.

جدول 28-تایید اهمیت یا بی اهمیت بودن فاکتورها

شماره آزمایش	متغیر پاسخ نهایی MSD	حدود اطمینان	در حدود اطمینان
15	4480.71	(3694.209, 4506.611)	✓
16	3565.81	(2869.009, 3681.411)	✓

حال آنکه یافتن این فاکتورها بسیار با اهمیت می باشد و حذف خطای انسانی در شناخت آنها برای رسیدن به پاسخ صحیح که همانا رفع مشکل کیفی و یا ایجاد بهبود می باشد از اهمیت قابل توجهی برخوردار است.

یافتن متغیر های مهم به کمک روش شاینین که با طی مراحل نسبتاً ساده ای فاکتورهای با اهمیت را از میان فاکتورهای مختلف شناسایی می کند، در مقایسه با دیگر روش های طراحی آزمایش ها که تنها با جلسه های طوفان فکری⁹ و یا نمودار علت و معلول¹⁰ و با توجه به تجربه های افراد به شناخت عوامل مهم و با اهمیت میان عوامل متعدد در ابتدای پروژه اقدام می ورزند از روندی علمی تر و قابل اطمینان تر پیروی می کند. دیگر روش های طراحی آزمایش هادر ابتدا تعدادی فاکتور را که از لحاظ آنها با اهمیت می باشد، جدا

همانطور که در جدول بالا مشخص می باشد، متغیر پاسخ در حدود فاصله اطمینان قرار گرفته بنابراین صحت نتایج مورد تایید است. چنانچه آزمایش تاییدی به قسمی که گفته شد صحت نتایج را تایید نکرد، یعنی متغیر پاسخ در حدود محاسبه شده میانه ها قرار نگرفت، یا فاکتورهای بااهمیتی را در فاز یک در نظر نگرفته اید و یا شما مجبور به انتخاب تعدادی بیشتر متغیر با اهمیت از لیست متغیرهای انتخاب شده هستید.

بحث:

شناخت و تفکیک فاکتورهای مهم و موثر بر یک متغیر پاسخ در میان فاکتورهای کم اهمیت، بسیار قابل توجه می باشد زیرا با شناخت آن فاکتورها، تمرکز اصلی بر آنها قرار می گیرد و از صرف منابع برای دیگر فاکتورها ی کم اهمیت خودداری می شود. در روش های طراحی آزمایش ها مانند روش سنتی، تاگوچی و... یافتن فاکتورهای با اهمیت بر مبنای تجربه صورت می گیرد

⁹ Brain Storming

¹⁰ Cause and Effect diagram

وقابل اطمینان فاکتورهای موثر در مقایسه با دیگر روش ها را می توان نام برد، استفاده چندانی نشده است. اگر مدیران سازمانها و شرکتهایی که در بخش صنعت و خدمات فعالیت دارند بتوانند زمینه بهره‌گیری از این روش را در سازمان خود فراهم آورند، ایجاد بهبود کیفی و رفع مشکل‌های کیفی از دست‌آوردهای آن می‌باشد.

این ابزار کیفی در شناخت فاکتورهای موثر رامی توان به افرادی که از پایه ی آماری قوی‌ای نیز برخوردار نیستند و اجرای روش‌های طراحی آزمایش‌ها که نیازمند تسلط کافی به مسائل آماری می باشد برای آنها امکان پذیر نیست، آموزش داد و به این ترتیب از اجرای مداوم آن که مانند دیگر روش های کیفی نیاز به اجرای مداوم جهت بهبود مستمر دارد، بهره برد.

نتیجه گیری:

در این مطالعه سعی شده است به کمک روش شاینین به عنوان یکی از روش های طراحی آزمایش‌ها سه فاکتور مهم و تاثیر گذار بر انحراف اسیدیته و pH نوشابه فانا از هدف در میان پنج فاکتور شناسایی شوند و به این وسیله با تمرکز بر این سه فاکتور، بتوان به صورت همزمان دو مشکل یعنی انحراف از اسیدیته و pH نوشابه فانا از مقدار عددی هدف آنها را برطرف نمود. در این مطالعه با ارائه روش معیار ارزیابی کلی (OEC)، در نظر گرفتن همزمان دو هدف میسر شده است. این در حالی است که در بسیاری از پروژه‌ها همواره در هر زمان یک هدف مدنظر قرار می‌گیرد و بعد از اتمام بررسی عوامل موثر بر یک هدف و در نتیجه اقدام در جهت رسیدن به هدف مذکور، هدف بعدی در نظر قرار می‌گیرد و به این ترتیب منابع زیادی شامل هزینه و زمان مورد استفاده قرار می‌گیرد عرضه می‌گردد.

نموده و اقدام به اجرای روش طراحی آزمایش می کنند در صورتی که ممکن است هیچ کدام از فاکتورها با اهمیت نبوده و مجریان این روش بعد از اجرای آزمایش‌های متعدد و صرف وقت و هزینه زیاد از این مساله آگاه شوند. این مساله علاوه بر اینکه باعث صرف هزینه و وقت شده است، باعث ایجاد یک تصویر منفی از روش‌های طراحی آزمایش‌ها در ذهن مدیران، کارمندان و... می‌گردد که در عین نیاز به منابع زیاد از کارایی قابل توجهی برخوردار نمی‌باشند و در نتیجه از اجرای روش طراحی آزمایش‌ها که به عنوان یک ابزار قوی در صنعت برای رفع مشکلات کیفی مطرح می‌باشد، در موارد بعد خودداری شود.

اما با کاربرد روش شاینین به صورت منفک و یا به همراه دیگر روشها، از بروز مشکل‌های یاد شده خودداری شده و اجرای کامل روشها با تضمین رسیدن به نتیجه دلخواه همراه می‌گردد. همان طور که قبلاً گفته شد این روش تنها سه متغیر را به عنوان متغیر مهم و موثر شناسایی می کند اما اگر امکان مدیریت تعداد بیشتری از فاکتورها وجود داشته باشد، میتوان تعداد فاکتورهای بیشتری را به عنوان فاکتور مهم و موثر به کار برد.

مساله دیگر در روش شاینین اجرای آنالیز عاملی می‌باشد. که فاز پنجم اجرا و آخرین فاز را تشکیل می‌دهد. در این مقاله تمرکز بر یافتن فاکتورهای موثر بوده است و از آنالیز عاملی به دلیل افزایش حجم مقاله صرفنظر شده است اگر این فاز نیز که بخشی از روش سنتی طراحی آزمایش‌ها به حساب می‌آید اجرا شود روش شاینین به عنوان یک روش کامل طراحی آزمایش‌ها قابل پذیرش می باشد.

این روش از معروفیت چندانی برخوردار نمی‌باشد و متاسفانه از نقاط قوت آن در اجرا و تشخیص درست

- ۱- فادکه، مدهاواس، (1380)، مهندسی کیفیت با استفاده از طراحی اثر زدا، ترجمه عبدالحسن خدایوندی، چاپ اول، همدان: انتشارات دانشگاه بوعلی سینا، 11.
- ۲- شریعت پناهی، محمد، (1380)، اصول کیفیت و تصفیه آب وفاضلاب (چاپ هفتم)، موسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران، 22-23.

فهرست منابع غیر فارسی:

- 1) Antony.J., (1999), "Spotting the key variables using Shanin Variables Search Design", Logestic information managment, Vol. 12, PP.- 331-335.
- 2) Antony.J. and Ho Yuen Cheng.A., (2003), "Training for Shannon's approach to experimental design using a catapult", Journal of European Industrial Training, Vol. 27.8, PP. 405-412.
- 3) Antony, J. et al., (1998a), "A strategic methodology to the use of advanced statistical quality improvmnt technique", , The TQM Magazine (The international Bi-Monthly for TQM), Vol .10, No ۳, PP. 169-176.
- 4) Antony,J.et al., (1998b), " Key interactions", Journal of Manufacturing Engineer .IEE ,Vol .77, No.3, PP. 136-138.
- 5) Antony, J. et al., (1999), "Experimental Quality-A Strategic Approach to Achieve and Improve Quality", Kluwer Academic Publishers, Dordrecht ,December,7 - 11.

تمرکز اصلی این مقاله بر یافتن فاکتورهای موثر بر انحراف اسیدیته و pH نوشابه فانا از مقدار هدف که به عنوان متغیر پاسخ برای فاکتورها در نظر گرفته شده بوده است و اقدامات بعد از یافتن فاکتورهای اصلی که (E,A,C) می باشند و به ترتیب برابر (pH آب تصفیه شده، سختی آب تصفیه شده ویریکس نوشابه (مواد جامد معلق)) یعنی اجرای مبحث آنالیز عاملی به دلیل محدودیتها زمانی صورت نگرفته است. اگر فاز آخر روش شاینین اجرا گردد به راحتی می توان سه فاکتور موثر را در سطوح بهینه که موجب کاهش انحراف اسیدیته و pH نوشابه فانا از مقدار هدف می گردد تنظیم نمود و دیگر فاکتورها که فاکتورهای غیر موثر بر انحراف اسیدیته و pH نوشابه فانا می باشند را در سطحی که کمترین هزینه را برای شرکت به همراه داشته باشد، تنظیم کرد و به نتیجه مورد نظر دست یافت. پیشنهاد می گردد که روش فوق در یک شرکت خدماتی اجرا گردد و با توجه به کارایی و قدرت بالای این روش مقدار بهبود ایجاد شده، گزارش گردد. زیرا این روش در هر دو بخش صنعت و خدمات کاربرد دارد و نتایج قابل توجهی را به همراه می آورد.

به دلیل محدودیت در منابع تعداد پنج فاکتور برای بررسی عوامل موثر بر انحراف اسیدیته و pH نوشابه فانا از مقدار هدف در نظر گرفته شده است، پیشنهاد می گردد که تعداد این فاکتورها افزایش داده شود زیرا در بسیاری از پروژهها تعداد فاکتورها بسیار قابل توجه می باشد. پیشنهاد می شود که این روش را با روش تاگوچی و سستی تلفیق نموده و آنگاه به اجرای آن پرداخته شود و به این ترتیب از مزایای هر دو روش بهره برده شود.

منابع و مآخذ:

فهرست منابع فارسی :

143-149.

- 6) Antony, J., (1998), " Some key things industrial engineers should know about experimental design", Logistics Information Management ,Vol .11, No.6, PP.392-386.
- 7) Cupello, J.M., (1991)," Training technologies in experimental design ", Research Technology Management ,Vol.42,No.5,PP.47-50.
- 8) Dowlatshahi, S. , (2004), "An application of design of experiments for optimization of plastic injection molding processes", Journal of Manufacturing Technology Management ,Vol.15, No.6,PP.445-454.
- 9) Goodman, J. and Wyld, D. C., (2001),"The hunt for the red X :a case study in the use of Shainin design of experiments in industrial honing operations ", Management Research News, Vol.24, No.7/8,PP. 1-17.
- 10) Logothetis, N., (1990), "A perspective on Shannon's approach to experimental design for quality improvement ", Quality and Reliability Engineering International ,Vol. 6,PP195-202..
- 11) Roy, r.k., (2001), "Design Of Experiments Using The Taguchi Approach", A wiley Inter Science publication :New York,NY. ,46-47, 54-55.
- 12) Shainin, D and Shainin,P., (1988), "Better than Taguchi Orthogonal tables", Quality and Reliability Engineering International, Vol.4,PP.



شرکتگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی