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

علیرضا مومیوند *[1]

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 تمرکزبرآن فاکتورها تا رسیدن به هدف موجب صرفه جویی در مصرف منابع می گردد وبه 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 موثرمی باشند، ، شناخته شده است و روش تفکیک فاکتورهای با اهمیت از میان فاکتورهای کم اهمیت تر که قابل اجرا در هر دو بخش صنعت وخدمات می باشد ارائه شده است. به این ترتیب مابقی فاکتورها در سطحی که برای شرکت کمترین هزینه را به همراه آورد می توانندتنظیم 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 کلیOEC) (و یافتن سه فاکتورE،A،C(pHآب تصفیه شده، سختی آب تصفیه شده وبریکس 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 وpH نوشابه فانا از مقدار هدفشان بپردازدوچون 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 باحل مشکلات ویا افزایش کیفیت محصول و یا فرایند هستند قابل درک می باشد و در نتیجه از شانس بسیار زیادی برای اجرا و پی‌گیری مداوم در مقایسه با دیگر روش‌های کشف ریشه مشکل کیفی و یا بهبود کیفیت برخوردار می‌باشد. لازم به ذکر است که در صورت اجرای کامل این روش علاوه بر یافتن ریشه مشکل‌ها قادر به برطرف سازی کامل آن‌ها 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 مسؤول

مقدمه:

داشتن کیفیت تنها یک شعار و یا بیانی جذاب برای شرکت‌ها وسازمان‌هایی 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 وپر فراز و نشیب وشاید بی‌انتها است. مسابقه‌ای که برای آن خط پایانی وجود ندارد وتنها تلاش مداوم تک تک اعضای یک سازمان است که باقی ماندن درمسیرمسابقه 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 وفادکه،1380) .

کیفیت در دیدگاه مشتری بسیار با اهمیت است. امروزه شرکت ها و سازمان های جهانی دریافته اند که با وجود محصولات وخدمات متنوع ومشتری‌های هوشیار در صورتی که محصول‌ها و خدمت‌های آن‌ها از کیفیت مناسبی برخودار نباشد ،به سرعت از بازار رقابتی حذف خواهند شد و در نتیجه شرکت مزبور با زیان های بزرگی مواجه خواهد شد. لذا اهمیت داشتن کیفیت و بهبود مداوم آن از نظرها پوشیده نیست. کیفیت درمراکز تولیدی (خدماتی) دردو زمان قبل از تولید (ارائه خدمت) ودر حین تولید (ارائه خدمت) مورد توجه می‌باشد. متاسفانه امروزه بیشتر شرکت ها به بحث‌های کنترل کیفیت در حین تولید (ارائه خدمت) اهمیت می دهندو اعمال کیفیت را قبل از تولید محصول وطراحی فرایند تولید(ارائه خدمت و طراحی فرایند خدمت) به فراموشی می‌سپارند. غافل از اینکه چنانچه در مراحل طراحی به مسائل و روش های افزایش کیفیت اهمیت کمی داده شود در مراحل تولید (ارائه خدمات) با انجام بازرسی‌ها وکشف واصلاح محصولات (خدمات) قدم موثری نمی توان در جهت افزایش کیفیت آن‌ها برداشت.

عواملی که باعث ایجاد مشکل‌های کیفی در محصول‌ها وخدمات شرکت ها وسازمان‌ها می‌گردد، طبق اصل پارتو[2] می توان به تعداد کمی عوامل محدود نمود وبا تلاش برای شناخت این عوامل وکنترل آن‌ها می توان مشکلات را با صرف هزینه های کم برطرف نمود ویا اقدام های موثری در جهت بهبود در محصول ویا خدمت سازمان انجام داد.

روش سنتی طراحی آزمایش‌ها در زمینه های مختلفی تابه حال به کار رفته اند اشخاص همچون:

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

Danie، (2003) Dowlatshahi و...

و در این زمینه به فعالیت پرداختند. مقاله‌هایی نیز در زمینه اهمیت طراحی آزمایش‌ها نوشته شده اند و طراحی آزمایش‌ها را به عنوان یک ابزارموثردر افزایش رقابت پذیری برای محصول‌ها وفرایندها 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 می گردد، با داشتن روند ساده وقابل درکی از شانس بسیار زیادی جهت اجرای مداوم در سازمان ها وشرکت ها برخوردار می‌باشدو برخلاف دیگر روش های طراحی آزمایش‌ها از پیچیدگی کمتر ودر عین حال انعطاف پذیری بیشتری برخوردار است. این روش درمقایسه با دوروش سنتی وتاگوچی از منابع کمتری برای طرح های بزرگ استفاده می‌کند (Antony،1999) که یک امتیاز در مقایسه با؛ این دو

2- Pareto

روش می‌باشد.

از این روش به عنوا ن را هکاری بـرای جداسـازی تعداد محدودی فاکتور موثر بر یک متغیر پاسـخ درمیـان (Ho Yuen Cheng& Antony 2003). تعـدادزیادی فاکتور می‌توان بهـره بـرد تمرکـز بیـشتر ایـن روش بـر جداسازی فاکتورهای کم اهمیت از فاکتورهای با اهمیت می‌باشد. هر چند می‌توان این روش را به صورت کامـل به کار برد امـا قـدرت بـالای ایـن روش در جداسـازی فاکتورهای با اهمیت و کم اهمیـت درمقایـسه بـا دیگـر روش‌های طراحی آزمایش‌ها بسیاری از مـشکلات را در شرکت‌ها وسازمان‌هـا بـه دلیـل معرفـی فاکتورهـای بـا اهمیت وتمرکز بر آن عوامل برطرف می سازد.

پیشینه روش شاینین:

روش جستجوی متغیرها که توسط دورین شاینین[3]که یک- مشاور مدیریت کیفیت مشهوردر کشور آمریکا-، توسعه داده شد. این روش یکی از روش های طراحی آزمایش ها می باشدکه برای یافتن متغیر های بحرانی ومهم 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 طرح های عاملی برتری دارد. همچنین گفته شده است وقتی که تعداد متغیرهایی که برای ارزیابی انتخاب می شوند4یا بیشتر باشند روش شاینین بسیار مفید می باشد (Antony،1999).

در مطالعه ای برای نـشان دادن قـدرت وتوانـایی روش شاینین در شناسایی متغیرهـای کلیـدی و تـشویق مهندسین برای استفاده در محیط کـاری بـه عنـوان یـک ابزار حل مـساله،این روش بـه کمـک یـک مثـال سـاده توضیح داده شده است (Antony،1999).

شاینین فاکتورهـایی را کـه سـهم قابـل تـوجهی در ایجاد انحـراف دارنـد، تحـت عنـوان سـه فـاکتور مهـم شناسایی می‌کند. (Goodman&Wyld،2001)

شاینین به شدت با کاربرد طرح های کـسری عـاملی برای آزمایش که اساس کار تاگوچی می باشد، مخالف بود و این به خاطر تـداخل ایجـاد شـده میـان اثرهـای اصـلی واثرهای متقابل است. (Shainin.D and Shainin.p.،1988)

شاینین طرفدار کاهش منابع تغییـر بـه تعـداد قابـل مدیریت عموما"بین 2 تا 4 مـی‌باشـد بـراین اسـاس وی ازآزمایش با طرح‌های عاملی کامل جانبـداری مـی کنـد (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 می باشد:

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

۲- شناسایی سه فاکتور:

2- 1- فاکتورخیلی مهم (فاکتور Xقرمز[4])

2- 2-دومین فاکتور مهم(فاکتور Xصورتی[5])

2-3-سومین فاکتور مهم(فاکتور Xصورتی کمرنگ[6])

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

۴- تعیین تنظیمات بهینه برای سه فاکتور مهم شناسایی شده

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

3 Dorian Shainin

4 Red X
5 Pink X
6 Pale Pink X

مراحل اجرای روش طراحی آزمایش‌ها به روش شاینین بادر نظر گرفتن جزئیات با اهمیت به ترتیب زیر است:

۱- بررسی وشناسایی 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 می‌یابد (عدد 1 را به عنوان با اهمیت ترین و 2و3و...را به ترتیب فاکتورهای کم اهمیت‌تر می‌نامیم). در این جلسه سعی می شود که فاکتورها را دسته بندی نموده و به هر فاکتور دو سطح 1+و1-که به ترتیب بیانگرسطح بالا وپایین برای آن فاکتور می‌باشند، اختصاص داده شود. این روش با اجرای آزمایشی، قرار دادن تمامی متغیرها در سطح 1+وسپس انجام آزمایش دیگر با قرار دادن تمامی متغیرها در سطح 1-شروع می‌شود. سپس هر آزمایش به صورت تصادفی دو بار تکرار می شود تا در نهایت 6آزمایش اجرا گردد. با داشتن نتیجه به دست آمده از هر آزمایش به عنوان متغیر پاسخ، محدوده $\overline{R}_i$ متغیرهای پاسخ در هر دو سطح و سطح میانگین تخمین زده می شود .

محدوده $\overline{R}_i$:فاصله بیشترین مقدار متغیر پاسخ از کمترین مقداربرای آزمایش هایی که تمامی متغیرها در سطح iقرار دارند.

میانگین محدوده ها($\overline{R}$) :متوسط مقدار محدوده ها برابر است با:

$$\overline{R} = \frac{(\overline{R}_1 + \overline{R}_2)}{2} \qquad (1)$$

سپس اختلاف میان میانه‌های متغیرهای پاسخ برای سطوح بالا وپایین محاسبه می گردد:

(2) میانه متغیر پاسخ برای سطح پایین - میانه متغیر پاسخ برای سطح بالا=DM

روش شاینین بیان می‌کند که چنانچه اختلاف میانه‌ها (DM) برای سه تکرار آزمایش بیشتر از میانگین دو محدوده بالا وپایین($\overline{R}$) به نسبت $\frac{1.25}{1}$ باشد، می‌توان 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 می‌پردازیم و می توان برای حذف ویا نگه داشتن آن ها تصمیم گرفت.چنانچه M2 بیانگر میانه برای یک آزمایش که تمامی متغیرها در سطح 2باشند، آنگاه حد کنترلی برای 90درصد اطمینان از فرمول زیر محاسبه می شود :

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

در این فرمول عدد 2.132مقداری مربوط به توزیع (دو دنباله ای)tبا 90درصد اطمینان و4 درجه آزادی (6-2=4) می‌باشد.(6درجه های آزادی 6آزمایش در دو سطح می باشد وعدد 2به دلیل وجود دو میانه، 2درجه از مجموع درجه های آزادی(6) کم می‌شود.)

مقدار d2یک ثابت آماری برابر1.693می باشد (بر اساس اندازه نمونه یعنی تعداد آزمایش‌های انجام شده در سطح بالا و یا پایین که برابر 3می باشد.)

مشابه حد کنترلی بالا حد کنترلی پایین نیز برای

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

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

در فرمول ارائه شده M 1 بیانگر میانه برای یک آزمایش که تمامی متغیرها در سطح 1باشند،معرفی می شودوبقیه ی موارد مشابه می باشند .

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

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

در این قسمت که به نام فاز تعویض[7] معروف است، در ابتدا یک آزمایش (به عنوان مثال آزمایش 7)در حالی که اولین متغیر مهم در سطح پایین قرار می گیردو 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 حدودمیانه قرار بگیرد اثر تک متغیر تغییر(اولین فاکتور مهم) داده شده بی اهمیت می باشد وبرعکس چنانچه پاسخ به دست آمده از دو آزمایش انجام گرفته در حدودمیانه قرار نگیرد اثر تک، متغیر تغییر داده شده و یا اثر متقابل آن با اهمیت می‌باشد و بر پاسخ تاثیر گذار است. فاز تعویض را به ترتیب برای فاکتور دوم وسپس فاکتور سوم و... اجرا می شود .″وقتی که 2 یا 3متغیر با اهمیت شناخته شدند فاز 4 شروع می‌شود″ . (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 ودیگر فاکتورها در سطح پایین آنها اجرا می شود . سپس آزمایش دیگری با تنظیم فاکتورهای با اهمیت شناخته شده فاز تعویض، در سطوح پایین آنها ودیگر فاکتورها در سطح بالای آنها اجرا می‌گردد. آزمایش‌های تاییدی تضمین کننده صحت نتایج گرفته شده می باشند، در صورتی که متغیرپاسخ در حدود محاسبه شده میانه ها قرار بگیرد .

چنانچه آزمایش تاییدی به قسمی که گفته شد صحت نتایج را تایید نکرد ،یعنی متغیرپاسخ در حدود محاسبه شده میانه‌ها قرار نگرفت،یا فاکتورهای بااهمیتی در فاز یک در نظرگرفته 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=Xقرمز، فاکتور با اهمیت=X صورتی، فاکتوربادرجه سوم اهمیت=Xصورتی 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 می‌شود وسپس به کمک تحلیل واریانس اهمیت آماری فاکتورها بررسی می‌شود. شاینین استفاده از نمودارهای اثر متقابل را برای بررسی تقابل متغیرها پیشنهاد می کند.در این مقاله تمرکز بر

[7] Swapping Phase

چهار مرحله قبلی می‌باشد.

روش تحقیق:

روشهای متفاوتی برای ارتقاء سطح کیفی وجود دارد. دورین شاینین 7 ابزار مشهور طراحی آزمایش ها برای بهبود کیفیت محصول وفرایند توسعه وارتقاء 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 پراکندگی(Antony،1999).

اجرای طراحی آزمایش‌ها که شاینین به عنوان یک ابزار کارا در بهبود کیفیت معرفی نموده است ، از روند خاصی پیروی می‌کند. درروش اجرایی برای این مقاله طبق روش شاینین از روند زیر استفاده می گردد:

۱) "تعیین متغیرهای ورودی ویافتن متغیرهای مناسب.

۲)محاسبه حدود کنترل.

۳)مشخص کردن متغیر های اساسی وغیر اساسی.

۴)انجام آزمایش های 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 ومهم ونحوه تفکیک آن‌ها از دیگر عوامل می باشد.

جامعه آماری:

جامعه آماری عبارت است از مجموعه ای ازنمونه ها که دارای یک ویژگی مشترک قابل انداز گیری باشد .در اجرای روش طراحی آزمایش ها در شرکت روز نوش کرمانشاه نوشابه فانا تولیدی از تاریخ تا 1387/1/1 تا 1387/3/1با تولید37500000 بطر، به عنوان جامعه آماری که بررسی میزان اسیدیته وpHبه عنوان یک ویژگی قابل اندازه گیری 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 ونتایج حاصل به این جامعه تعمیم داده شده است.

نمونه وروش نمونه گیری :

در این تحقیق با توجه به توانایی شرکت در انجام آزمایش ها وزمان وبودجه مورد نیاز در بررسی متغیرهای پاسخ تعداد سه نمونه برای هر آزمایش نمونه برداری شده است.

قابل ذکراست که با توجه به داشتن دو نوع متغیر پاسخ، تعداد 6 متغیر پاسخ از سه نمونه قابل دستیابی می‌باشد. که نمونه ها به صورت کاملا" 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 وشناسایی 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 می شوندو فاکتورها را دسته بندی نموده و به ترتیبی که از دید

کارشناسان اهمیت دارد رتبه بندی می‌گردند. سپس به هر فاکتور دو سطح 1+و1-که به ترتیب بیانگرسطح بالا وپایین برای آن فاکتور می باشند اختصاص می‌یابد.

شناسایی و بیان مساله :

یکی از مشکل‌های شرکت روز نوش کرمانشاه تغییر مداوم اسیدیته وpH نوشابه فانا می‌باشد. به گونه ای که اگر اسیدیته و pHنوشابه در محدوده استاندارد مشخص شده قرار نگیرد، محصول از لحاظ استاندارد مورد تایید موسسه استاندارد وتحقیقات صنعتی نخواهد بود ومیزان اسیدیته نوشابه فانا که توسط این موسسه مورد تایید می‌باشد بین1/.تا 2/. پیشنهاد شده است و میزان pHنوشابه فانا بین 2/8تا 3/2به 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 شدو یافتن فاکتورهای موثر براین انحراف مد نظر قرار گرفته است.

انتخاب عوامل وتعیین سطوح آن‌ها:

به کمک نظرهای کارشناسان وکارکنان شرکت و برگزاری جلسه‌ها طوفان فکری و نمودار علت ومعلول عوامل موثر بر اسیدیته وpH نوشابه فانا و سطوح آن‌ها در جدول قبلاً معرفی1 شده است. میزان اهمیت هر کدام از فاکتورها در ستون درجه اهمیت از شماره 1تا5 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 ومواد دیگر تشکیل شده است دارای محدوده‌ی خاصی برای اسیدیته و pH می‌باشد. چنانچه اسیدیته و pHدر محدوده مورد نظر قرار بگیرد، از لحاظ پذیرش محصول مشکلی وجود ندارد.

جدول ۱- معرفی فاکتورها ومیزان 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
pHتانک 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[8] نوشابه فانا	4	E	10.7-11	10.7	11

[8] Brix:مواد جامد معلق

اما قرار گرفتن مقدار اسیدیته وpHنوشابه فانا بر روی مقدار هدف وکمترین 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 بین0/1تا 0/2پیشنهاد شده و میزان pHنوشابه فانا بین 2/8تا 3/2به عنوان یک محدوده مناسب ارائه شده است.

بنابراین داریم:

Y0 Acidity=(0.1+0.2)/2=0.15
Y0pH=(2.8+3.2)/2=3

برای اینکه اعداد بیشتر قابل توجه باشند مقادیر را در عدد 1000ضرب می کنیم پس داریم:

Y0 Acidity=150
Y0pH=300

نوشابه فانابرابر متوسط محدوده استاندارد می‌باشد.

pH برای اسیدیته و y0مقدار

اما می‌دانیم که کاهش انحراف از مقدار هدف برای دو مقدار اسیدیته وpH نوشابه فانا به صورت هم زمان مورد نظر می‌باشد و چون متغیرهای تاثیرگذار 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:

جدول۲- اهداف وشرایط آن‌ها برای محاسبه معیار کلی ارزیابی

معیار	بدترین	بهترین	کاراکتر کیفی	درصدوزنی	نمونه1
Y1	Y1W	Y1B	B	I1	N11
Y2	Y2W	Y2B	N	I2	N12
Y3	Y3W	Y3B	S	I3	N13

فرمول2-4رامی توان 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 وpHنوشابه فانا داریم:

جدول۳- اسیدیته pH وشرایط آن‌ها برای محاسبه معیار کلی ارزیابی

معیار	بدترین	بهترین	کاراکتر کیفی	درصدوزنی	نمونه1	نمونه2	نمونه3
اسیدیته	**100**	**150**	**N**	**55**	**N11**	**N12**	**N13**
pH	**2800**	**3000**	**N**	**45**	**N21**	**N22**	**N23**

این روش به کمک فرمول 5یک مقدارنهایی را برای اسیدیته وpHنوشابه فانا برای هر نمونه در هر تیمار محاسبه می‌کند:

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

اگر تمام مقادیر (مقدار نمونه‌ها)در مقدار های اسمی خود قرار بگیرند بهترین مقدارکه برای OEC حاصل می شود،عبارت داخل قدر مطلق صفر شده و مقدار OEC برابر: OEC=(1×55)+(1×45)=100 می‌گردد.

به گونه ای که اگر به مقدار 100 برای هر OEC برسیم بهترین حالت به دست آمده است.می توان کاراکتر کیفی نهایی (S/N) را برای OEC مقدار اسمی بهتر با هدف 100 (Taget=100) در نظر گرفت.

بعد از محاسبه مقادیر OECبرای تمامی نمونه‌ها در هر تیمار به راحتی می‌توان محاسبه مقدار انحراف هر OECاز عدد 100 به متغیر پاسخ دست یافت. برای محاسبه انحراف از مقدار عددی از میانگین مربع انحراف‌ها می‌توان استفاده نمود.

میانگین مربع انحراف ها:

تغییراتی که در یک گروه از داده ها وجود دارد ، می تواند به تنهایی به عنوان یک متغیر پاسخ که بیانگر میزان فاصله ازمقدار هدف است، در نظر گرفته شود .به طور کلی برای یک گروه از داده هایک هدف خاص وجود دارد که با توجه به ماهیت آن‌ها این مقدار را می-توان به نام کاراکترهای کیفی(QC) به سه نوع معروف :

۱-مقدار اسمی –بهتر(N)

۲-مقدار کوچکتر –بهتر(S)

۳- مقدار بزرگتر- بهتر(B)

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 می شود.

اسمی بهتر:

در این دسته از داده ها یک هدف اصلی وجود دارد و آن کاهش انحراف یک مقدار خاص می باشد 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 فرمول2-1 داریم:

داده های نمونه برداری شده: y1, y2, y3, y4, …., yn

کاراکتر کیفی: اسمی(N)

هدف: y 0

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

همان طور که در فرمول میانگین مربع انحراف‌ها مشخص می‌باشد، کاهش از یک مقدار (y0) 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

بهتر می‌باشد، در ترکیب‌های آزمایشی می‌توان به محاسبه اثرها وموارد مورد نیاز مبادرت نمود.

اجرای آزمایشی:

این روش با اجرای آزمایشی، با قرار دادن تمامی 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 می شود:

جدول4-متغیر های پاسخ برای آزمایش های 1تا6 روش شاینین که در 1000ضرب شده اند

شماره آزمایش	فاکتورها					متغیر پاسخ					
						اسیدیته			pH		
	A	B	C	D	E	تکرار1	2تکرار	3تکرار	1تکرار	2تکرار	3تکرار
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.درجدول3 کاراکترهای مورد نیاز روش شاینین را مشخص می‌کند.

جدول ۵- مقادیرOECآزمایش های 1-6برای 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 ازعدد 100 به کمک فرمول MSDبرای کاراکتر کیفی اسمی بهتر پرداخته می شود:

جدول۶- مقادیر MSD آزمایش های 1-6برای روش شاینین

شماره آزمایش	Y1	Y2	Y3	MSD=(∑(Yi-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 6آزمایش انجام گرفته برابر است با:

جدول7-متغیر های 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

با داشتن نتیجه به دست آمده از هر آزمایش به عنوان متغیر پاسخ، محدوده $\overline{R}$ متغیرهای پاسخ در هر دو سطح و سطح میانگین را تخمین می زنیم.

محدوده $\overline{R_i}$: فاصله بیشترین مقدار متغیر پاسخ از کمترین مقداربرای آزمایش هایی که تمامی متغیرها در سطح i قرار دارند.

$\overline{R_1}$ =3591.85-3113.47=478.38

$\overline{R_2}$ =4223.23-4056.50=166.73

میانگین محدوده ها $\overline{R}$: متوسط مقدار محدوده ها

طبق فرمول2-21 برابر است با:

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

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

DM=4100.41-3275.21=825.2

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

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

$\frac{825.2}{322.56}=2.56$ با توجه به محاسبه بالا اختلاف میانه‌ها (DM) برای سه تکرار آزمایش بیشتر از میانگین دو محدوده بالا وپایین ($\overline{R}$) به نسبت $\frac{1/25}{1}$ بوده، بنابراین می‌توان 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 ویا نگه داشتن آنها تصمیم بگیریم. چنانچه M2 بیانگر میانه برای یک آزمایش که تمامی متغیرها در سطح 2 باشند، بوده آنگاه حد کنترلی برای 90 درصد اطمینان از فرمول 3 محاسبه می‌شود .

بنابراین برای مساله بررسی اسیدیته وpHنوشابه فانا در ابتدا حدودکنترلی 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)

مشابه حد کنترلی بالا حد کنترلی پایین نیز برای زمانی که در آزمایش تمامی فاکتورها در سطح پایین قرار دارند، برای سطح اطمینان 90درصد ، 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 بقیه‌ی موارد مشابه می‌باشند. سپس حدود کنترلی وقتی که تمامی متغیرها در سطح پایین خود قرار دارند را محاسبه می‌کنیم. 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 قبلا"گفته شد، از حدود کنترل برای شناسایی اهمیت متغیرها (متغیرهای مهم وغیر مهم) استفاده می‌شود. در صورتی که متغیری در حدود مشخص شده برای دو آزمایش قرار بگیرد، به عنوان متغیر غیر مهم شناسایی شده وقابل حذف است.

4-3-3- تفکیک متغیرهای مهم و بحرانی از متغیرهای غیر مهم:

همان طور که قبلا" در جدول 1اولویت بندی فاکتورها مشخص شدبا اهمیت ترین فاکتور،فاکتور C می‌باشد. پس مطالب گفته شده را در مورد این فاکتور پی‌گیری می‌شود.

جدول ۸- متغیر های پاسخ برای آزمایش7و8

شماره آزمایش	فاکتورها					متغیر پاسخ					
						اسیدیته			pH		
	A	B	C	D	E	تکرار1	2تکرار	3تکرار	1تکرار	2تکرار	3تکرار
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.

جدول9-مقادیرOECآزمایش های 7و8برای 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 ازعدد 100 به کمک فرمول MSDبرای کاراکتر کیفی اسمی بهتر می پردازیم:

جدول10-مقادیر MSD آزمایش های7و 8برای روش شاینین

شماره آزمایش	Y1	Y2	Y3	MSD=(∑(Yi-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 .

جدول۱۱- 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 وسپس فاکتور سوم و... اجرا می کنیم .بعد از فاکتورCفاکتوربا اهمیت، فاکتور Aمی باشد .پس مطالب گفته شده در مورد این فاکتور پی گیری می شود.

جدول۱۲- متغیر های پاسخ برای آزمایش های 9و10روش شاینین

شماره آزمایش	فاکتورها					متغیر پاسخ					
						اسیدیته			pH		
	A	B	C	D	E	تکرار1	2تکرار	3تکرار	1تکرار	2تکرار	3تکرار
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 جدول4-15 که اختصاصات لازم برای استفاده از معیار ارزیابی کلی را معرفی می کند به محاسبه مقدار متغیر پاسخ نهایی می پردازیم.

جدول13-مقادیرOECآزمایش های 9و10برای 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 ازعدد 100 به کمک فرمول MSDبرای کاراکتر کیفی اسمی بهتر می پردازیم.

جدول14-مقادیر MSD آزمایش های9و 10برای روش شاینین

شماره آزمایش	Y1	Y2	Y3	MSD=(∑(Yi-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 می‌شود .

جدول۱۵- 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 فاکتورA فاکتور با اهمیت بعدی ،فاکتور Bمی‌باشد. پس مطالب گفته شده را در مورد این فاکتور پی‌گیری می‌کنیم.

جدول۱۶- متغیر های پاسخ برای آزمایش های 11و12روش شاینین

شماره آزمایش	فاکتورها					متغیر پاسخ					
						اسیدیته			pH		
	A	B	C	D	E	تکرار1	2تکرار	3تکرار	1تکرار	2تکرار	3تکرار
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 جدول4-15 که اختصاصات لازم برای استفاده از معیار ارزیابی کلی را معرفی می کند به محاسبه مقدار متغیر پاسخ نهایی پرداخته می شود.

جدول۱۷- مقادیرOECآزمایش11 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 ازعدد 100 به کمک فرمول MSDبرای کاراکتر کیفی اسمی بهتر می پردازیم:

جدول18- مقادیر MSD آزمایش های11و 12برای روش شاینین

شماره آزمایش	Y1	Y2	Y3	MSD=(∑(Yi-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 می‌شود .

جدول۱۹- بررسی اهمیت یا بی اهمیت بودن فاکتور B

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

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

بعد از فاکتورB فاکتوربا اهمیت بعدی ،فاکتور Eمی باشد .پس مطالب گفته شده را در مورد این فاکتور پی گیری می کنیم.

جدول۲۰- متغیر های پاسخ برای آزمایش های 13و14روش شاینین

شماره آزمایش	فاکتورها					متغیر پاسخ					
						اسیدیته			pH		
	A	B	C	D	E	تکرار1	2تکرار	3تکرار	1تکرار	2تکرار	3تکرار
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:

جدول21-مقادیرOECآزمایش های 13و14برای 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 ازعدد 100 به کمک فرمول MSDبرای کاراکتر کیفی اسمی بهتر می شود .

جدول22-مقادیر MSD آزمایش های13و 14برای روش شاینین

شماره آزمایش	Y1	Y2	Y3	MSD=(∑(Yi-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 می‌شود.

جدول۲۳- بررسی اهمیت یا بی اهمیت بودن فاکتور E

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

حال با شناخته شدن سه متغیر E,A,C که به ترتیب به عنوان فاکتورهای با اهمیت شناخته شدند می‌توان 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:

جدول۲۴- فاکتورهای با اهمیت از دید روش شاینین

C	بسیار با اهمیت=Xقرمز
A	با اهمیت=Xصورتی
E	فاکتوربادرجه سوم اهمیت=Xصورتی کم رنگ

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

جدول۲۵- آزمایش های تاییدی

شماره آزمایش	فاکتورها					متغیر پاسخ					
						اسیدیته			pH		
	A	B	C	D	E	تکرار1	تکرار2	تکرار3	تکرار1	تکرار2	تکرار3
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 وpHاز 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.

جدول26-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 آزمایش15و16 انجام گرفته ،توسط معیار ارزیابی کلی با تبدیل دو مقدار اسیدیته وpHنوشابه فانا ،برای هر تکرار در هر آزمایش به دست آمده است . حال با توجه به مقادیر به دست آمده به محاسبه انحراف هر مقدار ازعدد 100 به کمک فرمول MSDبرای کاراکتر کیفی اسمی بهتر پرداخته می شود.

جدول27-مقادیر MSD آزمایش های تاییدی روش شاینین

شماره آزمایش	Y1	Y2	Y3	MSD=(∑(Yi-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 وتاثیر گذاری بر نتیجه حاصله از انجام آزمایش‌ها بوده و متغیرهای با اهمیت انتخاب شده‌اند. فاکتور بسیار با اهمیت=Xقرمز، فاکتور با اهمیت=Xصورتی، فاکتوربادرجه سوم اهمیت=Xصورتی کم رنگ علت اصلی مشکلات کیفی و یا فرایندی می باشند.

جدول28-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)**	✓

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 متغیرپاسخ در حدود محاسبه شده میانه ها قرار نگرفت،یا فاکتورهای بااهمیتی را در فاز یک در نظر نگرفته اید ویا شما مجبور به انتخاب تعدادی بیشتر متغیر با اهمیت از لیست متغیرهای ا نتخاب شده هستید.

بحث:

شناخت وتفکیک فاکتورهای مهم وموثر بر یک متغیر پاسخ در میان فاکتورهای کم اهمیت ،بسیار قابل توجه می‌باشد زیرا با شناخت آن فاکتورها ،تمرکز اصلی برآنها قرار می گیردواز 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 حال آنکه یافتن این فاکتورها بسیار با اهمیت می باشد وحذف خطای انسانی در شناخت آن‌ها برای رسیدن به پاسخ صحیح که همانا رفع مشکل کیفی ویا ایجاد بهبود می باشد از اهمیت قابل توجهی برخوردار است.

یافتن متغیر های مهم به کمک روش شاینین که با طی مراحل نسبتا"ساده ای فاکتورهای با اهمیت را از میان فاکتورهای مختلف شناسایی می کند ،در مقایسه با دیگر روش های طراحی آزمایش هاکه تنها با جلسه های طوفان فکری[9] ویا نمودار علت و معلول[10]و..با توجه به تجربه های افراد به شناخت عوامل مهم وبا اهمیت میان عوامل متعدد درابتدای پروژه اقدام می ورزند از روندی علمی تر وقابل اطمینان تر پیروی می کند.دیگر روش های طراحی آزمایش هادر ابتدا تعدادی فاکتور را که از لحاظ آن‌ها با اهمیت می باشد ،جدا

[9] Brain Storming
[10] Cause and Effect diagram

نموده واقدام 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 وصرف وقت وهزینه زیاد از این مساله آگاه شوند. این مساله علاوه بر اینکه باعث صرف هزینه ووقت شده است ،باعث ایجاد یک تصویر منفی از روش‌های طراحی آزمایش ها در ذهن مدیران، کارمندان و..می گردد که در عین نیاز به منابع زیاد از کارایی قابل توجهی برخوردار نمی‌باشند ودر 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 ویا 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 قبلا"گفته شد این روش تنها سه متغیر را به عنوان متغیر مهم وموثر شناسایی می کند اما اگر امکان مدیریت تعداد بیشتری از فاکتورها وجود داشته باشد، میتوان تعداد فاکتورهای بیشتری را به عنوان فاکتور مهم وموثر به کار برد.

مساله دیگر در روش شاینین اجرای آنالیز عاملی می‌باشد. که فاز پنجم اجرا وآخرین 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 آزمایش ها 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 وتشخیص درست وقابل اطمینان فاکتورهای موثر در مقایسه با دیگر روش ها را می توان نام برد، استفاده چندانی نشده است .اگر مدیران سازمان‌ها وشرکت‌هایی که در بخش صنعت وخدمات فعالیت دارند بتوانند زمینه بهره‌گیری از این روش را در سازمان خود فراهم آورند، ایجاد بهبود کیفی ورفع 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 واجرای روش‌های طراحی آزمایش ها که نیازمند تسلط کافی به مسائل آماری می باشد برای آنها امکان پذیرنیست، آموزش داد وبه این این ترتیب از اجرای مداوم آن که مانند دیگر روش های کیفی نیاز به اجرای مداوم جهت بهبود مستمردارد، بهر ه 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 می گیرد و به این ترتیب منابع زیادی شامل هزینه و زمان مورد استفاده قرار می گیرد عرضه می‌گردد.

تمرکز اصلی این مقاله بر یافتن فاکتورهای موثر بر انحراف اسیدیته وpH 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,) می‌باشند وبه ترتیب برابر (pHآب تصفیه شده، سختی آب تصفیه شده وبریکس 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 می‌گردد که روش فوق در یک شرکت خدماتی اجرا گرددوبا توجه به کارایی وقدرت بالای این روش مقدار بهبود ایجاد شده ، گزارش گردد. زیرا این روش در هر دو بخش صنعت و خدمات کاربرد داردو نتایج قابل توجهی را به همراه می آورد .

به دلیل محدودیت در منابع تعداد پنج فاکتور برای بررسی عوامل موثر بر انحراف اسیدیته وpH نوشابه فانا از مقدار هدف در نظر گرفته شده است،پیشنهاد می‌گردد که تعداد این فاکتورها افزایش داده شود زیرا در بسیاری از پروژه‌ها تعداد فاکتورها بسیار قابل توجه می‌باشد. پیشنهاد می‌شود که این روش را با روش تاگوچی وسنتی 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 :

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 وتصفیه آب وفاضلاب (چاپ هفتم)، موسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران،23-22 .

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 inprovment 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.

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) ١٠)Roy, r.k., (2001), ″Design Of Experiments Using The Taguchi Approach″, A wiley Inter Science publication :New York,NY. ,46-47, 54-55.

12) ١١)Shainin, D and Shainin,P., (1988), ″Better than Taguchi Orthogonal tables″, Quality and Reliability Engineering International,Vol.4,PP.