کاربرد روش تاگوچی در بررسی کاهش انحراف مقادیر پارامترها

(مطالعه موردی: اسیدیته وpH نوشابه فانا از مقدار هدف در کارخانه روز نوش کرمانشاه)

آرش شاهین[۱]

امیر حسین نوارچیان[۲]

علیرضا مومیوند[۳]

چکیده

روش طراحی آزمایش‌ها به عنوان یک راهکار علمی همواره در جهت بهبود کیفیت مورد استفاده قرار گرفته است. این ابزار مشکل‌های کیفی را به صورت ریشه‌ای حذف نموده و ایجاد بهبود را به معنای واقعی کلمه عملی می‌سازد.

تاگوچی، یکی از روش‌های طراحی آزمایش‌ها، به عنوان یک روش عملی و رویکرد استراتژیک برای طراحی کیفیت در محصولات و فرآیندهای تولیدی و خدماتی، کاربردهای فراوانی در زمینه‌های مختلف دارد. این روش در بسیاری از کشورهای پیشرفته کاربردهای موفقی داشته است .

این تکنیک در حل مسائل کیفی، به ویژه در بخش تولید برای بهبود عملکرد فرآیند وایجاد بهره‌وری با کاهش محصولات معیوب و هزینه های دوباره کاری و تغییرات بسیار قدرتمند عمل می‌نماید.

در این مطالعه روش تاگوچی با استفاده از ابزار معیار ارزیابی کلی(OEC) به منظور برآوردن همزمان دو هدف کاهش انحراف اسیدیته وpH نوشابه فانا در شرکت روز نوش کرمانشاه اجرا شده است و از میان ۵ فاکتور E,D,C,B,A که در ابتدا به نظر می‌رسید دارای اثر و یا اثر متقابل با اهمیت می‌باشند ۴ فاکتور E ,C,B,A با اهمیت شناخته شده‌اند، سپس این روش با ارائه راه حل یعنی تنظیم سه فاکتور C,B,A در سطح ۱وفاکتور E در سطح ۲رسیدن به اهداف کاهش انحراف اسیدیته و pH نوشابه فانا را میّسر ساخته است. به گون‌های که تنظیم این فاکتورها در سطوح بهینه (E2,C1,B1,A1)، منجر به افزایش نسبتS/N به اندازه 2/402واحد گشته است. سهم هر فاکتور به ترتیب 0/404, 0/613, 0/832, 0/552 می‌باشد و در کل نسبت S/N را از 35/946-به 33/545- افزایش داده است.

واژگان کلیدی : طراحی آزمایش‌ها، روش تاگوچی، معیار ارزیابی کلی، اسیدیته، pH.

---

[۱] عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی‌واحد نجف آباد

[۲] عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی‌واحد نجف آباد

[۳] کارشناس ارشد مهندسی صنایع Alireza_Moumivand@yahoo.com

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

امروزه طراحی آزمایش‌ها نقش مؤثری در بهبود فرآیند و محصولات ،کاهش تغییرات وهزینه‌های کیفی دارد.این ابزار مؤثر در دنیای رقابتی امروز، به عنوان یک روش کارا ثابت شده است و اکثر شرکت‌ها و سازمان‌های موفق از آن بهره جسته و پیشرفت‌های اساسی در سطح شرکت و سازمان خود به وجود آورده‌اند. روش‌های متفاوتی به نام طراحی آزمایش‌ها وجود دارند که با توجه به شرایط ومحدودیت‌ها برای اجرا در یک سازمان تولیدی و یا حتی خدماتی قابل استفاده می‌باشند.

روش تاگوچی به عنوان یکی از روش‌های طراحی آزمایش‌ها از طرفداران بیشماری برخوردار است. این روش طرفدار فلسفه کاربردی مهندسی کیفیت است و سه مرحله را در گسترش تولید یا فرآیند تولید بررسی می‌کند.

۱- طراحی سیستم ۲- طراحی پارامتر ۳- طراحی تلورانس

در طرح سیستم مهندس از اصول علمی و مهندسی برای تعیین پیکربندی پایه‌ای استفاده می‌کند .

در مرحله طراحی پارامتر ، مقادیر خاص پارامترهای سیستم تعیین می‌شوند و در مرحله طراحی تلورانس ویا طرح تحمل بهترین مقادیر تحمل برای تلورانس‌ها استفاده می‌شود[۳].

آشنا شدن با فلسفه و درک درست این روش راه را برای اجرای مداوم آن هموار می‌نماید.

پیشینه روش تاگوچی :

زمانی که ژاپن کار بازسازی خود را پس از جنگ جهانی دوم آغاز کرد با کمبود شدید مواد خام، تجهیزات با کیفیت و مهندسین ماهر روبه‌رو شد و رقابت برای تولید محصولات با کیفیت بالا و تداوم بهبود کیفیت را تحت آن شرایط آغاز کرد .کار ابداع یک متدولوژی برای برخورد با مسأله رقابت به دکتر جنیچی تاگوچی[۴] که در آن زمان مهندس مسئول توسعه محصولات مخابراتی ویژه در آزمایشگاه های ارتباطات الکتریکی بود ، واگذار شد . وی به کمک تحقیقاتش در سال‌های ۱۹۵۰ و ۱۹۶۰ اصول طراحی اثرزدا را توسعه داد و اساس کار خود را با به کار بستن نظریه هایش در توسعه محصولات مختلف اعتبار بخشید[۲].

وی با معرفی این روش، جایزه دمینگ را در سال ۱۹۶۲ دریافت کرد. [جایزه دمینگ یکی از معروف‌ترین جایزه های کیفیت می‌باشد که به احترام دکتر ادوارد دمینگ[۵] شخصی که با اندیشه های نابش به یاری مدیران ومهندسین وکارکنان ژاپنی ،ژاپن را شکوفا نمود به سازمان ها وشرکت های موفق در زمینه کیفیت اهدا می‌گردد[۲].

همان طور که گفته شد، عامل کلیدی فلسفه روش تاگوچی کاهش تغییرپذیری است. روش تاگوچی انحراف های ممکن از مقدار هدف را همراه با تابع زیان مدل بندی می‌کند. زیان، اشاره به هزینه‌ای است که مردم متحمل می‌شوند . وقتی مصرف کننده از محصولی استفاده می‌کند که مشخصه‌های کیفی آن با مشخصه‌های اسمی‌آن تفاوت دارد. مفهوم زیان مردمی، انحراف از آنچه است که همگان فکر می‌کنند [۲].

تابع زیان در نظر گرفته شده توسط روش تاگوچی به صورت زیر می‌باشد :

---

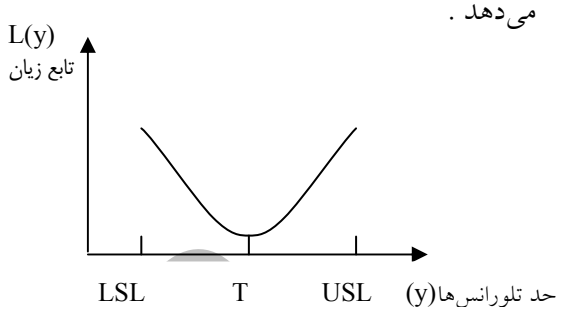
[۴] Genichi Taguchi
[۵] Edward Deming

Archive of SID

www.SID.ir

$$L(y) = k(y-T)^2 \qquad (۱)$$

شکل ۱ به صورت ترسیمی‌تابع زیان را نمایش می‌دهد .



شکل۱: تابع زیان درجه دوم روش تاگوچی[۲].

y: مشخصه کیفی یک محصول

$L(y)$: مقدار زیان در اثر فاصله گیری از مقدار هدف .

T: مقدار هدف

USL: حد بالا

LSL: حد پایین

K: ثابتی است که ضریب زیان کیفی نامیده می‌شود .

همان طور که در شکل۱ مشخص می‌باشد، هرچه که از دو طرفT (مقدار اسمی)، فاصله می‌گیریم هزینه با شیب بیشتر از دو طرف افزایش می‌یابد .

روش طراحی اثرزدا در طیف گستردهای از مسائل قابل استفاده است این روش نقش عمده ای را در رشد سریع صنعت وتسخیر بازارهای جهانی در صنایعی مانندخودرو سازی، الکترونیک، شیمیو ... در ژاپن داشته است[۲].

به عنوان نمونه نیپن دنسو در سال ۱۹۸۵ با انجام ۲۵۰۰ آزمایش در شرکت تویوتا کمک شایانی به این شرکت در بهبود محصول های خود نمود[۱۲].

از روش تاگوچی در بخش خدمات به کاربردهای آن در بیمارستان‌ها ودر مانگاه‌ها و.. با استفاده از تابع زیان تاگوچی اشاره شده است[۱۶].

دانش طراحی آزمایش‌های آماری از کار رونالد فیشر در سال ۱۹۲۰ سرچشمه می‌گیرد و طراحی اثرزدا از ایده‌های مختلف طراحی آزمایش آماری تا طراحی آزمایش‌ها برای کسب اطلاعات مورد اعتماد در مورد متغیرهای مربوط به تصمیم‌های مهندسی استفاده می‌کند و دکترجنیچی تاگوچی که یک مشاور مدیریت کیفیت در ژاپن می‌باشد، به کمک آن در گسترش و ارتقاء فلسفه و متدولوژی بهبود پیوسته در محصول ها وفرآیندها کمک شایانی نموده است[۹].

دکترتاگوچی از کاربرد طرح های آرایه های متعامد برای اختصاص فاکتورهای انتخاب شده، جانبداری می‌کند، متداول ترین طرح های آرایه‌های متعامد L_8، L_{16} ، L_{18} می‌باشد[۹].

لازم به ذکر است که منظور ازآرایه L_8 انجام ۸ آزمایش می‌باشد. دکتر تاگوچی ۱۸ آرایه متعامد اصلی را در جدولی به نام جدول آرایه های متعامد استاندارد ارائه کرده است. نام هر آرایه نشان‌دهنده تعداد سطرها وستون‌های آن نشان‌دهنده تعداد سطوح هر یک از ستون‌ها می‌باشد. به عنوان نمونه، آرایه $L_4\left(2^3\right)$ بیانگر آرایه‌ای است که ۴ سطر و ۳ ستون ۲ سطحی دارد[۲].

این روش متدهای آماری را در فرآیندهای مهندسی به کار می‌گیرد. استفاده از روش تاگوچی در صنایع اتومبیل وپلاستیک ودر تولید نیمه هادی‌ها وصنایع فلزی و ریخته‌گری به صورت موفق گزارش شده است[۱۳].

قابل تذکر است که در مورد عدم موفقیت روش تاگوچی نیز اظهاراتی بیان شده است Antony در

Archive of SID
www.SID.ir

سال ۱۹۹۶ از استفاده محدود و گاهی نادرست روش تاگوچی در انگلستان خبر می‌دهد[۵].

Antony و همکاران در سال‌های ۱۹۹۶، ۱۹۹۸، ۱۹۹۹ عوامل زیر را به عنوان عدم موفقیت روش تاگوچی در صنعت عنوان می‌کنند[۴،۶،۷].

۱. عدم فهم کامل قدرت روش های آماری مجریان روش تاگوچی[۱۱].

۲. تاکید غیر ضروری بر جنبه تحلیل آماری مسأله تحت مطالعه .

۳. عدم ارتباط کافی میان متخصصین با تجربه صنایع با دانشگاه ها و نبود ارتباط صحیح میان بخش‌ها و دپارتمان‌های یک شرکت .

برای حل مسائل با چندین پاسخ با کاهش عدم قطعیت از DEA[۶] برای انجام تجزیه و تحلیل‌های روش تاگوچی استفاده است[۱۰].

برای در نظر گرفتن چندین متغیر پاسخ در روش تاگوچی از شبکه‌های عصبی– فازی برای کاهش عدم قطعیت که در مواردی با تصمیم گیری‌های مهندسی همراه است استفاده شده است.[۸]

برای استفاده از داده‌هایی که قبلاً در شرکت‌ها وجود دارد در اجرای روش تاگوچی با ترکیب شبکه‌های عصبی برای شرکت‌هایی که انجام آزمایش برای آن‌ها هزینه زیادی را در بردارد. روشی پیشنهاد شده است[۱۵] .

۱. بررسی مراحل اجرای روش تاگوچی :

۱.۱. تشکیل تیم و شناسایی و بیان مسأله و اهداف آن[۱۴].

۲.۱. انتخاب عوامل وتعیین سطوح آنها.

فاکتور[۷]: هر چیزی که به نظر می‌رسد بر نتیجه موضوع مورد آزمایش مانند محصول‌ها، خدمت‌ها وفرآیندها تاثیرگذار است به عنوان یک فاکتور در نظر گرفته می‌شود .

● سطوح فاکتورها [۸]:

مقدار و یا حالتی که برای یک فاکتور تعریف می‌شود سطوح فاکتور نامیده می‌گردد[۱۴] .

اثر فاکتورها و اثرهای متقابل:

اثر فاکتور:

با تغییر سطح یک عامل مانند A ازیک سطح به سطح دیگر اثر عامل A بدست می‌آید .

اثر متقابل[۹] A,B :

اثرهای تغییر سطح یک عامل بر پاسخ عامل دیگر به عنوان اثر متقابل دو عامل شناخته می‌شود.

در بیشتر آزمایش‌های روش تاگوچی نمی‌خواهیم همه روابط متقابل بین فاکتورهای کنترل را تخمین بزنیم و در جلسه‌ای که برای تعیین متغیرها برگزار می‌شود معمولاً اعضای تیم اثرهای متقابلی را که از دید آن‌ها مهم می‌باشند، برای بررسی تعیین می‌کنند[۱۲].

۳.۱. انتخاب متغیر پاسخ :

متغیر پاسخ :

متغیر پاسخ نتیجه و اندازه عملکرد برای یک آزمایش می‌باشد، بیشتر متغیرهای پاسخ به صورت کمی‌بیان می‌گردند. در ادامه به نوعی از متغیر پاسخ که در بسیاری از پروژهای صنعتی استفاده می‌شود می‌پردازیم .

[۶] Data Envelopment Analysis

[۷] Factor
[۸] Factor Levels
[۹] Interaction Effect

Archive of SID

www.SID.ir

میانگین مربع انحراف ها[۱۰]:

تغییرهایی که در یک گروه از داده ها وجود دارد ، می‌تواند 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 آن ها این مقدار را می‌توان به نام کاراکترهای کیفی(QC[۱۱]) به سه نوع معروف :

۱) مقدار اسمی–بهتر(N[۱۲]) ۲) مقدار کوچکتر – بهتر(S[۱۳]) ۳) مقدار بزرگتر- بهتر(B[۱۴])

تقسیم بندی نمود[۱۴].

در ادامه به کاراکتر کیفی اسمی–بهتر می‌پردازیم.

اسمی‌بهتر:

در این دسته از داده ها یک هدف اصلی وجود دارد و آن کاهش انحراف یک مقدار خاص می‌باشد .

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

کاراکتر کیفی : اسمی(N)

هدف : y .

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

[۱۴].

نسبت های S/N :

با توجه به اینکه روش های متفاوتی در تشخیص فاکتورهای مؤثر بر متغیر پاسخ وجود دارد، روش تاگوچی با تبدیل داده های تکراری به یک مقدار دیگر که بیانگر اندازه تغییرها می‌باشد ، یک راه خاص را ارائه می‌دهد[۱۲].

نسبت های S/N برای مسائل ایستا:

در مسائل ایستا به دنبال یک هدف ثابت هستیم و این دقیقا" برخلاف مسائل دینامیک است که در آن پاسخ سیستم، تابعی از سطوح فاکتورهای مطلوبیت می‌باشد .

نسبت های S/N برای مسائل ایستا به دسته‌های زیر تقسیم می‌شوند:

۱. کوچکتر بهتر ۲. اسمی‌بهتر ۳. بزرگتر بهتر ۴. هدف معین ۵. درصد معیوب ۶. طبقه بندی ترتیبی ۷. پاسخ منحنی یا برداری[۲].

نسبت S/N اسمی‌بهتر:

در این نوع از مسائل مشخصه کیفی می‌تواند مقادیر پیوسته و غیرمنفی بگیرد و مقدار هدف آن غیرصفر و محدود است و وقتی که میانگین صفر است، واریانس نیز صفر می‌باشد . در این دسته از مسائل با میانگین و انحراف معیار سروکار داریم، فرمول‌های این دو مقدار در زیر نشان داده شده‌اند:

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^{n} y_i}{n} \quad (3)$$

$$\delta^2 = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(y_i - \mu)^2 \quad (4)$$

برای بررسی نسبت S/N اسمی‌بهتر فرمول‌های متفاوتی ارائه شده است .

[۱۰] Mean-Squared Deviation
[۱۱] Quality Characteristic
[۱۲] Nominal is beter
[۱۳] Smaller is beter
[۱۴] Bigger is beter

Archive of SID
www.SID.ir

۱.۲. نسبت اسمی‌بهتر براساس میانگین مجذور مربع ها(MSD) .

۲.۲. نسبت اسمی‌بهتر براساس واریانس .

۳.۲. نسبت اسمی‌بهتر براساس میانگین ووایانس(شکل سنتی) .

۴.۲. نسبت اسمی‌بهتر براساس میانگین ووایانس(شکل ساده) .

در این مطالعه از نسبت اسمی‌نوع اول استفاده می‌شود. بنابراین در ادامه به فرمول‌ها وتوزیع این نوع نسبت پرداخته می‌شود و سه نسبت اسمی– بهتر دیگر، در پیوست ارائه می‌گردند.

نسبت اسمی بهتر براساس میانگین مجذور مربع‌های (MSD) :

(۵)

$$S/N_T = -۱۰Log(MSD)$$

این فرمول شرایط بهینه رابراساس انحراف از هدف بدون ایجاد پیچیدگی محاسبه می‌کند.

محاسبه اثرها:

با محاسبه میانگین S/N برای هر سطح یک فاکتور یا اثر متقابل و کم کردن آن‌ها از هم، میزان اثر هر فاکتور یا اثر متقابل تخمین زده می‌شود .

(۶)

اثر هر فاکتور یا اثرمتقابل= $\overline{S/N_۱} - \overline{S/N_۲}$

نمودار اثرها واثرهای متقابل:

با رسم اثرها در یک نمودار که سطح افقی بیانگر سطوح و سطح عمودی بیانگر مقدار متغیر پاسخ می‌باشد، درکی بهتر از اثرها با توجه به اهمیت آن‌ها حاصل می‌شود .

معیار ارزیابی کلی(OEC[۱۵]):

به کمک این ابزار تمامی‌اهداف را تا حد ممکن وبا توجه به میزان اهمیت آن‌ها در نظر می‌گیریم . لازم به ذکر است که به کمک معیار ارزیابی کلی(OEC) با داشتن چندین هدف و وزن نرمالیزه شده برای هرکدام از آن‌ها تعداد متغیر های پاسخ در تیمارi ام و نمونه jام به تعداد هدف‌ها می‌باشد که به وسیله فرمول خاص ریاضی به یک متغیر پاسخ، برای آزمایش انجام شده تیمار i در نمونه jام تبدیل می‌گردند .

به صورت کلی می‌توان برای معیار ارزیابی کلی یک فرمول طراحی نمود . اگر اهداف را با سه کاراکتر کیفی بتوان در جدول۱ خلاصه نمود.

جدول ۱ : اهداف وویژگی های اهداف برای محاسبه معیار کلی ارزیابی

نمونه۱	درصد وزنی	کاراکتر کیفی	بهترین	بدترین	معیار
N11	I1	B	Y1B	Y1W	Y1
N12	I2	N	Y2B	Y2W	Y2
N13	I3	S	Y3B	Y3W	Y3

محاسبه مقدار معیار ارزیابی کلی که ماکزیمم سازی آن مورد نظر است، استفاده نمود[۱۴] ..

$$OEC = \left[\frac{(N_{۱۱} - Y_{۱W})}{(Y_{۱B} - Y_{۱W})}\right] \times I_۱ + \left[۱ - \frac{|Y_{۲B} - N_{۱۲}|}{(Y_{۲B} - Y_{۲W})}\right] \times I_۲ + \left[۱ - \frac{(N_{۱۳} - Y_{۳B})}{(Y_{۳W} - Y_{۳B})}\right] \times I_۳$$

[۱۵] Overall Evalueation Criterion

Archive of SID

www.SID.ir

(۷)

۴.۱. انتخاب طرح آزمایش:

انتخاب طرح آزمایش شامل در نظر گرفتن حجم نمونه (تعداد تکرار ها) و انتخاب ترتیب مناسب اجرا برای انجام آزمایش است .

نحوه انتخاب آرایه متعامد مناسب:

برای انتخاب طرح آزمایش باید در ابتدا درجه آزادی فاکتورها واثرهای متقابل آن‌ها ودر کل درجه آزادی نهایی برای انتخاب طرح معین شود .

حداقل تعداد آزمایش‌ها برای تخمین اثرها = (مجموع درجه آزادی فاکتورها + مجموع درجه آزادی اثرها متقابل+ ۱درجه آزادی(میانگین))

بنابراین طبق نظر دکتر تاگوچی آرایه‌هایی برای انتخاب مناسب است که تعداد سطرهای آن حداقل برابر و یا بیشتر از درجه های آزادی لازم برای مسأله مورد نظرمان باشد. دکترتاگوچی 18آرایه متعامد اصلی را در جدولی که آرایه‌های متعامد استاندارد نام دارند، ارائه کرده است

خاصیت تعامدی آرایه:

برای هر جفت از ستون ها ، همه ی ترکیب های سطوح این فاکتور به تعداد مساوی اتفاق می‌افتد ، این خاصیت توازن نامیده می‌شود و عمود بودن را می‌رساند.

برای اختصاص درست فاکتورها ویا روابط متقابل آن‌ها به آرایه های متعامد استاندارد از دو روش رایج می‌توان استفاده نمود :

۱. جدول روابط متقابل

۲. گراف خطی

۵.۱. انجام آزمایش وجمع آوری دادها.

در این مرحله به انجام آزمایش بر اساس طرح ارائه شده پرداخته می‌شود .

۶.۱. تجزیه وتحلیل داده ها:

بعد از انجام مراحل ۱ تا ۵ نوبت به تحلیل نتایج وجداول و نمودارهای بدست آمده می‌رسد .

تحلیل واریانس:

تحلیل واریانس در سال 1930توسط رونالد فیشر[۱۶] به عنوان راهی برای تفسیر نتایج آزمایش‌هایی در زمینه کشاورزی به کار برده شد . تحلیل واریانس راهی سهل شامل فرمول های ریاضی وآماری می‌باشد[۱۲].

نموداراحتمال نرمال(HNPP[۱۷]):

نمودار احتمال نرمال با رسم مقدار دقیق اثرها (اثرهای اصلی و متقابل) در راستای محور X و درصد احتمال آن درراستای محور Yبه کمک فرمول (۸) رسم می‌شود.(Antony & Antony,2001):

$$P_i\text{٠/٠} = \left[\frac{(i - ٠/٥)}{n}\right] \times ١٠٠ \qquad (٨)$$

n: تعداد اثرهای تخمین زده شده

i: رتبه بندی اثرها به ترتیب نزولی

تنظیم فاکتورها در سطح بهینه:

بعد از انجام تجزیه وتحلیل لازم ویافتن فاکتورهای با اهمیت به تنظیم فاکتورها در سطوح بهینه پرداخته می‌شود.

آزمایش های تاییدی[۱۸] :

[۱۶] Ronald Fisher
[۱۷] Half Normal Probability Plot
[۱۸] Confirmation Expriment

Archive of SID
www.SID.ir

آزمایش تاییدی به آزمایشی گفته می‌شود که با در نظر گرفتن ترکیب ویژه فاکتورها وسطوح ، که قبلا"با انجام یکسری محاسبه‌ها به عنوان ترکیب بهینه شناخته شده است ، تضمینی بر درستی یا عدم صحت نتایج وتصمیم های گرفته شده باشد . چنانچه متوسط نتایج آزمایش های تاییدی در حدود فاصله اطمینان قرار بگیرد ، تایید نتایج و در غیر این‌صورت رد نتایج را به همرا دارد و می‌توان گفت که یا فاکتورهای با اهمیت انتخاب نشده اند ویافاکتورها در سطوح مناسب قرار نگرفته اند ویا محاسبه ها و آزمایش ها با خطای بالا همراه بوده اند[۱۲].

فاصله اطمینان در اطراف میانگین تخمینی در شرایط تیماری آزمایش های پیش بینی شده.(CI2)

$$CI_2 = \sqrt{\left(\frac{F_{a,n_1,V_e} \times V_{ep}}{n_{eff}} \right)} \qquad (۹)$$

α:ریسک, 1- α : اطمینان, ve:درجه آزادی برای خطا, 1 : n1

Vep: واریانس خطا آمیخته $\frac{N}{۱+P}$,neff:

P: مجموع در جه های آزادی به کار گرفته شده در محاسبه میانگین,N: کل آزمایش‌های انجام شده

۷.۱. ارائه پیشنهادها بر مبنای نتایج:

در نهایت با توجه به نتایج بدست آمده از تفسیرها و تحلیل آن‌ها به ارائه پیشنهادهایی در راستای رسیدن به هدف اجرایی روش طراحی آزمایش‌ها پرداخته می‌شود .

۲. روش پژوهش:

به جهت هماهنگی بیشتر با دیگر روش‌های طراحی آزمایش‌ها می‌توان موارد زیر را که برای اجرای کلی روش طراحی آزمایش هاعنوان می‌گردد، بیان نمود:

۱. شناسایی، درک وبیان مسأله و اهداف آن.
۲. انتخاب عوامل وتعیین سطوح آن‌ها.
۳. انتخاب متغیر پاسخ.
۴. انتخاب طرح آزمایش.
۵. انجام آزمایش وجمع آوری داده‌ها.
۶. تجزیه وتحلیل داده‌ها .
۷. نتیجه گیری وارائه پیشنهادها[۱].

در ادامه به توضیح روش تاگوچی پرداخته می‌شود.

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 ۱۳۸۷/۱/۱ تا۱۳۸۷/۳/۱ با تولید۳۷۵۰۰۰۰۰ بطری، 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.

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

Archive of SID

www.SID.ir

نمونه برداری شده است.نمونه ها به صورت کاملا" تصادفی جمع آوری شده‌اند.

روش تحلیل:

به کمک نرم افزار Qualitek-4[۱۹] به محاسبه مقدار معیار ارزیابی کلی پرداخته شده است.

۳. اجرا و نتایج اجرا:

روش تاگوچی:

در ادامه با در نظر گرفتن هریک از موارد در روش پژوهش برای طراحی آزمایش ها ، به مطالعه موردی شرکت روز نوش کرمانشاه پرداخته می‌شود به عبارت دیگر خطوط راهنمای مشخص شده در روش پژوهش طرح های آزمایش ها در مورد خاص شرکت روز نوش کرمانشاه پی گیری می‌شود.

۱.۳. شناسایی وبیان مسأله :

مشکل اصلی:

تغییرات اسیدیته و pH نوشابه فانا می‌تواند به تدریج منجر به خارج شدن اسیدیته و pH از محدوده استاندارد شده ومحصولات این شرکت را با مشکل روبرو سازد.

بیان اهداف:

هدف اصلی از اجرای روش طراحی آزمایش‌ها کاهش تغییرات در اسیدیته و pH نوشابه و شناسایی عوامل مؤثر بر آن می‌باشد.

۲.۳. انتخاب تیمار ومواد آزمایشی :

فاکتورها:

بعد از مشخص شدن فاکتورهای مؤثر جهت تسهیل به هر یک از فاکتورها یک حرف لاتین به عنوان نام اختصاص داده می‌شود.

درجدول زیر این نام ها معرفی شده اند :

جدول۲ : معرفی فاکتورها

نام اختصاصی	فاکتور
A	سختی آب تصفیه شده
B	قلیائیت آب(2P-M)
C	pHتانک تصفیه آب
D	گاز نوشابه فانا
E	بریکس نوشابه فانا

تعیین اثر متقابل فاکتورها :

بعد از مشخص شدن فاکتورهای مؤثر بر اسیدیته وpH نوشابه فانا در جلسه طوفان فکری نوبت به مشخص نمودن اثرهای متقابلی می‌رسد که از دید متخصصین و کارشناسان شرکت مهم می‌باشند کارشناسان با کمک تجربه وعلم خود این اثرها را گمانه زنی نمودند .

این اثرها متقابل عبارتند از:

۱. اثر متقابل میان سختی آب تصفیه شده و قلیائیت آب تصفیه شده. (A×B)

۲. اثر متقابل میان سختی آب تصفیه شده و pH آب تصفیه شده. (A×C)

جدول ۳ به معرفی فاکتورها و سطوح اختصاص داده شده به آن‌ها می‌پردازد.

[۱۹] یک نرم افزار که مخصوص روش تاگوچی می‌باشد وبرای اجرای راحت تر ودقیقتر محاسبه های روش تاگوچی به کار برده می‌شود .

Archive of SID
www.SID.ir

جدول۳: فاکتورهای تاثیر گذار وسطوح آن‌ها

فاکتور	واحد	نام معرف	محدوده استاندارد	سطح اول	سطح دوم
سختی آب تصفیه شده	ppm	A	40-87	40-63.5	63.51-87
قلیائیت آب(2P-M)	-	B	2-4.7	2-3.35	3.36-4.7
pHتانک تصفیه آب	-	C	8.5-9.8	8.5-9.15	9.16-9.8
گاز نوشابه فانا	gr/100cc	D	3.5-4.5	3.5-4	4.01-4.5
بریکس نوشابه فانا	gr/100cc	E	10.7-11	10.7	11

۳.۳. متغیر پاسخ :

متغیر پاسخی که به عنوان نتیجه آزمایش معرفی می‌کنیم میزان اسیدیته و pHنوشابه فانا می‌باشد . قرار گرفتن مقدار اسیدیته وpHنوشابه فانا بر روی مقدار هدف ، دو هدف اصلی شرکت می‌باشند . میزان اسیدیته نوشابه فانا که توسط سازمان استاندارد مورد تایید می‌باشد ، بین 0/1 تا 0/2 پیشنهاد شده است و میزان pH نوشابه فانا بین 2/8 تا 3/2 به عنوان یک محدوده مناسب ارائه شده است.

بنابراین داریم:

$$Y_0 Acidity = \frac{(0.1+0.2)}{2} = 0.15$$

$$Y_0 pH = \frac{(2.8+3.2)}{2} = 3$$

برای اینکه اعدادبیشتر قابل توجه باشند، مقادیر را در عدد ۱۰۰۰ضرب می‌کنیم پس داریم:

$$Y_0 Acidity = 150$$

$$Y_0 pH = 3000$$

با داشتن دو هدف، چگونه می‌توان به هر دو هدف یعنی کم‌ترین انحراف از مقدار هدف برای دو متغیر پاسخ یعنی اسیدیته و pHنوشابه فانا به صورت همزمان دسترسی یافت. همانطور که قبلا" گفته شد 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. در ادامه به این مهم می‌پردازیم :

همان طور که در جدول۴ مشخص می‌باشد، مقادیر بدترین و بهترین و کاراکتر کیفی و درصد وزنی برای هر کدام از معیارها طبق نظر اعضای تیم طراحی آزمایش‌ها در جدول مشخص شده‌اند:

جدول۴: معیار ارزیابی کلی

نمونه1	درصدوزنی	کاراکتر کیفی	به‌ترین	بدترین	معیار
N11	55	N	150	100 یا200	اسیدیته
N21	45	N	3000	3200 یا 2800	pH

این روش به کمک فرمول زیر یک مقدارنهایی را برای اسیدیته وpH نوشابه فانا برای هر نمونه در هر تیمار محاسبه می‌کند.

(۱۰)

$$OEC = \left[\left(۱-\left(\frac{|۱۵۰ - N_{۱۱}|}{(۱۵۰-۱۰۰)}\right)\right)\times ۵۵\right] + \left[\left(۱-\left(\frac{|۳۰۰۰ - N_{۲۱}|}{(۳۰۰۰-۲۸۰۰)}\right)\right)\times ۴۵\right]$$

اگر تمام مقادیر (مقدار نمونه‌ها)در مقدارهای اسمی‌خود قرار بگیرند، بهترین مقدارکه برای OEC

Archive of SID

www.SID.ir

حاصل می‌شود، عبارت داخل قدر مطلق صفر شده و مقدار OEC برابر:

$$OEC = (۱\times۵۵)+(۱\times۴۵) = ۱۰۰$$

می‌گردد.

پس به این ترتیب مقادیر OEC که بزرگتر و یا کوچکتر از مقدار ۱۰۰ بدست بیایند به عنوان مقادیر نامطلوب شناخته می‌شوند. به گونه‌ای که اگر به مقدار ۱۰۰ برای هرOEC برسیم بهترین حالت بدست آمده است. بنابراین می‌توان کاراکتر کیفی نهایی (S/N) را برای OEC مقدار اسمی بهتر با هدف (Target=100)100 در نظر گرفت.

۴.۳. انتخاب طرح آزمایش:

انتخاب طرح آزمایش شامل در نظر گرفتن تعداد سطر های یک طرح متعامد وتعداد فاکتورها است.

بنابراین برای فاکتورهای مؤثر بر اسیدیته و pH نوشابه فانا داریم :

جدول۵: درجه های آزادی فاکتورها

تعداد درجه های آزادی	نام معرف	تعداد سطوح	فاکتور
1	A	2	سختی آب تصفیه شده
1	B	2	قلیائیت آب(2P-M)
1	C	2	pHتانک تصفیه آب
1	D	2	گاز نوشابه فانا
1	E	2	بریکس نوشابه فانا

جدول۶: درجه های آزادی اثرهای متقابل

تعداد درجه های آزادی	نام معرف	فاکتور
1	A×B	سختی آب تصفیه شده و قلیائیت آب تصفیه شده
1	A×C	سختی آب تصفیه شده و pHآب تصفیه شده

همچنین درجه‌های آزادی برای روابط متقابل در جدول۶ محاسبه شده است

بنابراین تعداد کل درجه های آزادی برای این مورد برابر است با :

جدول۷: درجه های آزادی فاکتورها واثرهای متقابل

تعداد درجه های آزادی	نام معرف
1	A
1	B
1	C
1	D
1	E
1	A×B
1	A×C
7	جمع کل درجه های آزادی

بعد از مشخص شدن تعداد درجه های آزادی مسأله، حداقل تعداد آزمایش‌ها برای تخمین اثرهای فاکتورها را مشخص می‌کنیم. پس حداقل تعداد آزمایش ها در تخمین اثرها برابر با : $8 = 1 + 7$ آزمایش می‌باشد. (۷ درجه آزادی برای مجموع درجه های آزادی فاکتورها واثرها متقابل و ۱ درجه آزادی برای میانگین.)

چون در این آزمایش حداقل تعداد آزمایش‌ها برابر ۸ آزمایش است. بنابراین کوچک‌ترین آرایه‌ای که می‌تواند استفاده شود باید دارای ۸ یا بیشتر از ۸ سطر باشد و تعداد کل فاکتورهایی که می‌خواهیم اثرهای آن‌ها را تخمین بزنیم با احتساب اثرهای متقابل ۷ اثر می‌باشد، پس در جدول آرایه های متعامد استاندارد به دنبال آرایه ای می‌گردیم که امکان اختصاص ۷ فاکتور دو سطحی در عین حال که ۸ یا بیشتر از ۷ سطر داشته باشد، به آن وجود داشته باشد.

با نگاهی به جدول آرایه استاندارد، آرایه مناسب L_8 می‌باشد .

با مراجعه به آرایه L_8 نیازمندی‌های این مسأله برطرف می‌شود.

Archive of SID
www.SID.ir

برای اختصاص درست فاکتورها و یا روابط متقابل آن‌ها به آرایه‌های متعامد استاندارد از دو روش رایج می‌توان استفاده نمود:

۱. جدول روابط متقابل

۲. گراف خطی

۱. جدول رابطه متقابل

جدول رابطه متقابل آرایه متعامد L_8 در زیر آورده شده است:

جدول ۸ : جدول رابطه متقابل آرایه متعامد L_8 [۲]

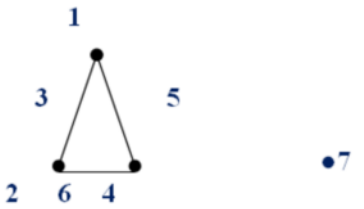
ستون‌ها	ستون‌ها						
	1	2	3	4	5	6	7
1	(1)	3	2	5	4	7	6
2		(2)	1	6	7	4	5
3			(3)	7	6	5	4
4				(4)	1	2	3
5					(5)	3	2
6						(6)	1
7							(7)

جدول روابط متقابل برای طرح آزمایش مسأله شرکت روز نوش کرمانشاه :

با توجه به جدول روابط متقابل(۸) جدول ۱۱ تشکیل می‌شود.

۲. گراف خطی برای مسأله شرکت روز نوش کرمانشاه:

گراف خطی مناسب برای مسأله مذکور گراف شماره ۱ داده شده برای آرایه L_8 می‌باشد که با استفاده از قاعده شماره ۱ اصلاح گراف‌ها یعنی حذف خط برای مسأله عنوان شده، ویژه سازی شده است. این گراف (شکل۲)ونحوه اصلاح آن در شکل زیر نشان داده شده است.



شکل2-گراف خطی L_8 [2]

شکل3-گراف خطی L_8 ویژه سازی شده

بعد از مشخص شدن اختصاص های هر ستون به کمک جدول رابطه متقابل و یا گراف خطی، به معرفی جدول آرایه متعامد استاندارد سازگار با مسأله عنوان شده می‌پردازیم.

جدول۹ : آرایه L_8 برای مسأله شرکت روز نوش کرمانشاه

شماره آزمایش	فاکتورها						
	A	B	A×B	C	A×C	D	E
	شماره ستون						
	1	2	3	4	5	6	7
1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	2	2	2	2
3	1	2	2	1	1	2	2
4	1	2	2	2	2	1	1
5	2	1	2	1	2	1	2
6	2	1	2	2	1	2	1
7	2	2	1	1	2	2	1
8	2	2	1	2	1	1	2

Archive of SID

www.SID.ir

۵.۳. انجام آزمایش‌ها :

بعد از مشخص شدن آرایه متعامد استاندارد ، نوبت به انجام آزمایش ها با توجه به آرایه متعامد انتخاب شده می‌رسد . برای هر آزمایش با توجه به توانایی ومنابع شرکت سه تکرار در نظر گرفته شده است.

بنابراین با توجه به آرایه متعامد استاندارد که ۸ آزمایش را پیشنهاد نموده است، تعداد ۲۷ آزمایش (۳ تکرار برای ۸ آزمایش) مورد نیاز است. جدول (۱۰) به معرفی آزمایش ها با توجه به دو متغیرپاسخ یعنی اسیدیته و pH نوشابه فانا می‌پردازد .

بعد از مشخص شدن متغیر های پاسخ برای هر دو مقدار اسیدیته وpHنوشابه فانا حال با استفاده از فرمول (۱۴ معیار ارزیابی کلی) وجدول ۴ دو متغیر پاسخ به یک مقدار تبدیل می‌شود .

جدول(۱۱) مقادیرمعیار ارزیابی کلی برای دو متغیر پاسخ در روش تاگوچی

آزمایش	تکرار	اسیدیته	pH	نتایج
1	1	110	2940	42.5
1	2	120	2900	44.5
1	3	119	2910	45.65
2	1	107	950	41.45
2	2	110	2945	43.62
2	3	100	2945	32.62
3	1	130	2910	57.75
3	2	139	2820	47.4
3	3	109	2960	45.9
4	1	100	2970	38.25
4	2	106	2850	17.85
4	3	105	2860	19
5	1	110	3000	56
5	2	110	2970	49.25
5	3	109	2930	39.15
6	1	100	2990	42.75
6	2	109	2890	30.14
6	3	100	2940	31.5
7	1	100	2920	27
7	2	105	2940	37
7	3	100	2890	20.25
8	1	116	2860	31.1
8	2	105	2800	5.5
8	3	110	2940	42.5

۶.۳. تجزیه وتحلیل داده ها:

نسبت S/N:

با استفاده ازفرمول S/Nاسمی- بهتر با هدف ۱۰۰می‌توان مقدار های نسبت S/Nرا برای هر تیمار آزمایشی یافت . نسبت اسمی- بهتر براساس میانگین مجذور مربع ها معرفی شده است .

جدول ۱۲: مقادیر محاسبه شده S/N برای هر ترکیب آزمایشی

آزمایش	مقادیر S/N
1	-34.933
2	-35.701
3	-33.968
4	-37.565
5	-34.375
6	-36.318
7	-37.177
8	-37.53

حال با داشتن نسبت های S/Nبرای هر ۸ ترکیب آزمایشی ارائه شده در طرح به راحتی می‌توان با یافتن اثر هر فاکتور در دو سطح بالا وپایین و سپس کم کردن آن‌ها از هم اثرهای هر فاکتور یا مقدار اثر متقابل دو فاکتور را یافت در ادامه به محاسبه این اثرها پرداخته می‌شود .

جدول (۱۳) اثر واثر متقابل فاکتورها

شماره	فاکتورها	سطح 1	سطح 1	سطح 1- سطح 2
1	A	-35.542	-36.35	-.808
2	B	-35.332	-36.56	-1.229
3	AB	-36.335	-35.556	.779
4	C	-35.113	-36.778	-1.665
5	AC	-35.678	-36.204	-.518
6	D	-36.101	-35.791	.31
7	E	-36.498	-35.393	1.104

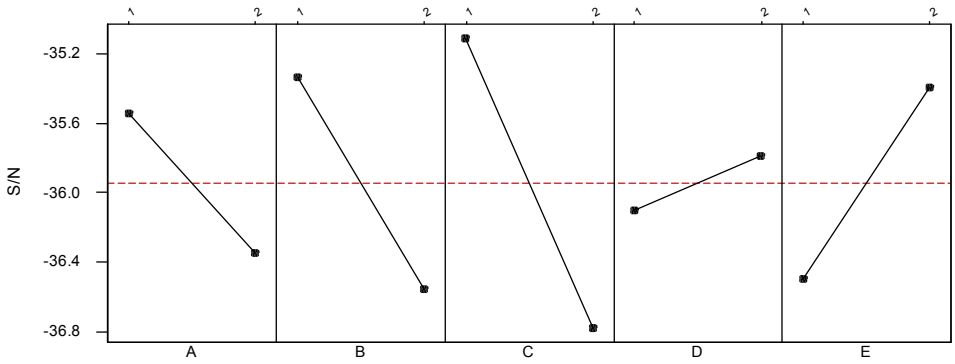
اثرها به ترتیب عبارتند از :

C,B,E,A,AB,AC,D

Archive of SID
www.SID.ir

جدول۱۰ : طرح روش تاگوچی باضرب متغیرهاپاسخ در ۱۰۰۰ برای مسأله شرکت روز نوش کرمانشاه

شماره آزمایش	فاکتورها							متغیر پاسخ					
	A	B	AB	C	AC	D	E	اسیدیته			pH		
	شماره ستون							تکرار1	تکرار2	تکرار3	تکرار1	تکرار2	تکرار3
	1	2	3	4	5	6	7						
1	1	1	1	1	1	1	1	110	120	119	2940	2900	2910
2	1	1	1	2	2	2	2	107	110	100	2950	2945	2945
3	1	2	2	1	1	2	2	130	139	109	2910	2820	2960
4	1	2	2	2	2	1	1	100	106	105	2970	2850	2860
5	2	1	2	1	2	1	2	110	110	109	3000	2970	2930
6	2	1	2	2	1	2	1	100	109	100	2990	2890	2940
7	2	2	1	1	2	2	1	100	105	100	2920	2940	2890
8	2	2	1	2	1	1	2	116	105	110	2860	2800	2940



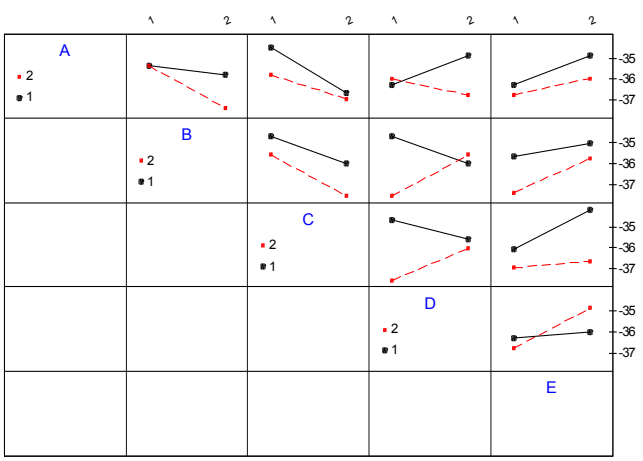
نمودار ۱ : اثرهای اصلی روش تاگوچی

نمودار اثرها واثر متقابل:

حال به منظور درک بهتر نسبت به اثرها و اثرهای متقابل نمودارهای این اثرها را نمایش می‌دهیم . قابل ذکر است که اثرهای متقابل دو تایی برای تمامی‌اثرهای متقابل امکان پذیر نشان داده شده است.

در نمودار (۱) شیب بیشتر اهمیت بیشتر و شیب کمتر اهمیت کمتر را می‌رساند. با نگاهی دقیق به نمودار اثرهای اصلی در می‌یابیم که: اثرC با اهمیت‌ترین اثر می‌باشد واثر D به دلیل کم‌ترین شیب، کم اهمیت‌ترین اثر بوده واثرها به ترتیب اهمیت برابر اثر C،B،E،AوD می‌باشند.

نمودار ۲ : اثرهای متقابل روش تاگوچی

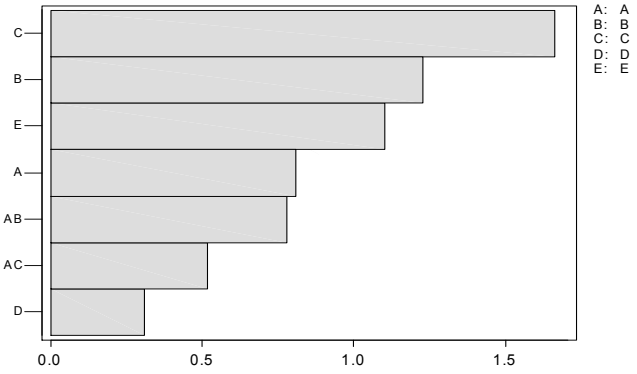


با نگاهی دقیق به نمودار۲ در می‌یابیم که نظر کارشناسان به دلیل موازی نبودن خطوط در مورد

www.SID.ir

وجود دو اثر متقابل AB و AC درست بوده است. اما این اثرهای متقابل با اهمیت ترین اثرهای متقابل نیستند. برای امکان مقایسه، دیگر اثرهای متقابل نیز در نمودار آورده شده است .

نمودار پارتو برای اثرها:



نمودار ۳ : پارتو اثرها واثرهای متقابل بر اساس متغیر پاسخ S/N

در نمودار پارتو برای اثرهای عوامل مؤثر بر اسیدیته وpHنوشابه فانا، بامتغیر پاسخ نسبتS/Nدر روش تاگوچی، محور عمودی بیانگر اثرها واثرهای متقابل و محور افقی بیانگر مقدار هر اثر می‌باشد. همانطور که گفته شد. ترتیب اثرهاعبارت است از :

C,B,E,A,AB,AC,D

تحلیل واریانس:

درآزمایش های ماتریسی با عدم اختصاص فاکتور به برخی از ستون ها می‌توان به طور مستقیم واریانس خطا را بدست آورد اما برای بدست آوردن بیش‌ترین آگاهی ها در مورد یک آزمایش ماتریسی همه یا اکثر ستون ها باید برای مطالعه پارامترهای محصول یا فرآیند مورد استفاده قرار بگیرند . در نتیجه هیچ یک از درجه های آزادی نباید در برآورد واریانس خطا نادیده گرفته شوند . در چنین مواقعی نمی‌توانیم به طور مستقیم واریانس خطا را برآورد کنیم ، اما با در نظر گرفتن مجموع مربع های مربوط به فاکتورهایی با کم‌ترین میانگین مربع ، برآوردی تقریبی از واریانس خطا امکان پذیر می‌باشد (تحلیل واریانس آمیخته[۲۰]). بنابراین در ادامه به محاسبه جدول تحلیل واریانس آمیخته پرداخته می‌شود .

همان طور که مشخص است هیچ کدام از اثرهای متقابل پیشنهاد شده واثر فاکتور D با اهمیت نیست وآن‌ها رادر جدول تحلیل واریانس به دلیل اثر کمی‌که دارند به عنوان خطا درنظر گرفته ایم. گفته شد که بر طبق قانونی می‌توان آمیخته کردن (POOLکردن) را تا زمانی که مقدار درجه آزادی خطا نصف درجه آزادی کل شود، ادامه داد. حال با داشتن مقدار خطا به راحتی می‌توان مقدار F را برای هرکدام از اثرها محاسبه نمود. چون سطح اطمینان برای این مطالعه ٪ 90 برابر$F_{0/1,1,3}= 5/54$ می‌باشد ، با نگاهی به مقدار F برای هر کدام از اثرها در می‌یابیم که تنها فاکتور Cدارای مقدار F بزرگتر از این مقدار می‌باشد وبقیه ی اثرها دارای F کمتر از این مقدار می‌باشند . اگر سطح اطمینان را کمتر در نظر بگیریم و این مقدار را برابر ٪70در نظر بگیریم. اثرهای BوEوAنیز دارای اهمیت می‌باشند.

جدول ۱۴ : تحلیل واریانس آمیخته

شماره ستون	فاکتورها	درجه آزادی	مجموع مربع ها	واریانس	نسبت F	مجموع خالص	درصد
1	A	1	1.305	1.305	2.019	0.659	4.626
2	B	1	3.015	3.015	4.664	2.369	16.624
3	AB	(1)	(1.212)				0
4	C	1	5.546	5.546	8.579	4.899	34.382
5	AC	(1)	(0.535)				0
6	D	(1)	(0.191)				0
7	E	1	2.442	2.442	3.777	1.795	12.6
خطا		3	1.941	0.647	-		31.768
مجموع		7	14.251				100%

[۲۰] Pooled ANOVA

Archive of SID
www.SID.ir

۷.۳. ارائه پیشنهاد ها بر مبنای نتایج

شرایط بهینه :

حال با توجه به اثرها ونمودارهایی که مقدار اثرها را نمایش می‌دهد ، به‌ترین ترکیب از میان ترکیب های موجود که در آن کم‌ترین فاصله از مقادیر هدف برای اسیدیته وpH نوشابه امکان پذیر است، انتخاب می‌شود.

جدول ۱۵: جدول شرایط بهینه با سهم درصدی آن‌ها

	فاکتورها	مقادیر سطوح	سطح	سهم
1	A	40-63.5	1	0.404
2	B	2-3.35	1	0.613
4	C	8.5-9.15	1	0.832
7	E	11	2	0.552
سهم کلی فاکتورها در ایجاد بهبود				2.401
میانگین عملکرد فعلی				-35.946
نتیجه مورد انتظار در شرایط بهینه				-33.545

در جدول۱۸ که فاکتورها در سطوح بهینه خود که بیش‌ترین مقدار را برای S/Nبه همراه دارند ، تنظیم شده اند. در ستون اول، شماره ستون اختصاصی هرکدام از فاکتورها در آرایه متعامد مشخص شده است. در ستون دوم فاکتورها (که قابل ذکر است تن‌ها فاکتور C در سطح اطمینان ٪90 دارای اهمیت می‌باشد) آورده شده‌اند. در ستون سوم سطح بهینه برای هر کدام از فاکتورها و در ستون چهارم مقدار درصد سهمی‌که هر فاکتور با قرار گرفتن در سطح بهینه در ایجاد بهبود (در اینجا افزایش مقدارS/N) دارد، آورده شده است.

سهم درصدی:

برابر مقدار بهبودی است که با تنظیم فاکتور مورد نظر در سطح بهینه در مقدار متغیر پاسخ به وجود می‌آید. در مطالعه حاضر با تنظیم فاکتور C در سطح پایین مقدار نسبت S/N بدست آمده از جدول برابر 35/113-می‌باشد، از طرفی مقدار میانگین S/N طبق جدول سطوح بهینه برابر 35/946 می‌باشد. با کم کردن مقدار میانگین از مقدار نسبتS/Nبرای زمانی کهC در سطح پایین قرار دارد. درصد سهم آن فاکتور در میزان کل بهبودبرابر :

-35.116-(-35.946)=0.833

می‌باشد. در انتهای جدول در ابتدا با جمع کل مقدار درصد سهمی‌که هر فاکتوربا قرار گرفتن در سطح بهینه در ایجاد بهبود (در اینجا افزایش مقدارS/N)دارد، نوشته شده است . مقدار کل این بهبود برابر 2/401می‌باشد. در ادامه مقدار متوسط نسبت S/N که از آزمایش ها بدست آمده برابر (-35/946) و مقدار نسبت S/N بهینه که از تنظیم فاکتورها در سطوح بهینه قابل دست یابی است برابر -33/545 تخمین زده شده است . در این حالت پیش بینی می‌شود که مقدار YOPT بر طبق فرمول برابراست با :

$$Y_0 = 100$$

$$S/N = -10\log(MSD) = -33.545$$

یا

$$MSD = 10^{\left[\frac{(S/N)}{10}\right]} = 2262.038$$

$$MSD = \frac{\left[(Y_1 - Y_0)^2 + (Y_1 - Y_0)^2 + \ldots\right]}{n}$$

$$\left[AVe(Y_1 - Y_0)^2\right] = DY^2$$

$$Y_{\exp} = Y_0 \pm SQR(MSD)$$

$$Y_{\exp} = Y_0 \pm \sqrt{MSD}$$

پس مقدار موردانتظار برابر است با:

$$Y_{\exp} = 100 \pm 47.561$$

$$(52.439, 147.561)$$

و در شرایط بهینه:

$$S/N = -33.545$$

Archive of SID

www.SID.ir

با توجه به فرمول ارائه شده مقدار Y یعنی مقداری که توسط معیار ارزیابی کلی محاسبه شده و از ترکیب دو متغیر پاسخ اسیدیته وpH نوشابه فانا بدست آمده، با تنظیم سطوح بهینه در فاصله: (52/439,147/561) قرار می‌گیرد.

آزمایش های تأییدی[۲۱]:

آزمایش تأییدی به آزمایشی گفته می‌شود که با در نظر گرفتن ترکیب ویژه فاکتورها وسطوح که قبلا" با انجام یکسری محاسبه‌ها به عنوان ترکیب بهینه شناخته شده است، تضمینی بر درستی نتایج وتصمیم‌های گرفته شده باشد. برای انجام آزمایش تاییدی مراحلی راباید پی گیری نمود که این مراحل توسط نرم افزار انجام گرفته است .

فاصله اطمینان:

حال با توجه به مقدار بهینه بدست آمده نسبتS/Nفاصله اطمینان را برای انجام آزمایش های تاییدی بدست می‌آوریم. با توجه به فرمول ۹ به محاسبه فاصله اطمینان می‌پردازیم :

$$CI_2 = \sqrt{\left(\frac{F_{a,n_1,v_e} \times V_{ep}}{n_{eff}} \right)}$$

$$F_{10\%,1,v_e} = 5.54$$
$$n_1 = 1$$
$$v_e = 3$$
$$V_{ep} = 0.646$$
$$n_{eff} = \frac{8}{(4+1)} = 1.6$$

عدد۸بیانگر کل آزمایش های صورت گرفته می‌باشد وعدد ۴مجموع درجه‌های آزادی فاکتورهای مؤثر بر تخمین میا نگین (در اینجا چهار فاکتور E,C,B,A) را نشان می‌دهد .

90%=سطح اطمینان

± 1.496=فاصله اطمینان

نتایج مورد انتظار در شرایط بهینه:

$$1.496 \pm -33,545$$
$$(-35.041 - 32.049)$$

طبق فرمول۱۱ که برای محاسبه فاصله اطمینان در نظر گرفته شد، فاصله اطمینان محاسبه شده است.حال با اجرای آزمایش های تاییدی به بررسی صحت نتایج بدست آمده می‌پردازیم :

با تنظیم فاکتورهای با اهمیت در سطوح بهینه پیشنهادی، چهار آزمایش به عنوان آزمایش تاییدی انجام می‌دهیم. مقادیر به‌دست آمده از این آزمایش‌ها در جدول (۱۶) نشان داده شده اند :

حال به محاسبه معیار ارزیابی کلی برای ترکیب دو متغیر پاسخ و به‌دست آورن یک متغیر پاسخ نهایی پرداخته می‌شود .

جدول ۱۶: متغیرهای پاسخ برای آزمایش های تاییدی که در ۱۰۰۰ضرب شده اند

فاکتورها				متغیر پاسخ							
A	B	C	E	اسیدیته				pH			
سطح				تکرار1	تکرار2	تکرار3	تکرار4	تکرار1	تکرار2	تکرار3	تکرار4
1	1	1	2	114	107	127	125	2955	2962	2910	2908

جدول ۱۷ : مقدار OECبرای آزمایش های تاییدی

فاکتورها				متغیر پاسخ			
A	B	C	E	OEC			
سطح				تکرار1	تکرار2	تکرار3	تکرار4
1	1	1	2	50.27	44.15	54.45	51.79

[۲۱] Confirmation Expriment

www.SID.ir

مقدار MSDکه انحراف از مقدار 100 را مشخص می‌کندبرابر:

جدول ۱۸ : مقدار MSDبرای آزمایش های تاییدی

شماره آزمایش	Y1	Y2	Y3	Y4	MSD
1	50.27	44.15	54.45	51.79	2497.83

بنابراین مقدارنسبت S/Nاسمی‌بهتر با هدف 100برای آزمایش های تأییدی برابر 33/976- می‌باشد . چون این مقدار در فاصله حدود اطمینان (35/041,-32/049-) برای آزمایش های تأییدی قرار گرفته، بنابراین این ترکیب به عنوان ترکیب بهینه انتخاب می‌شود.

4-نتیجه گیری:

در این پژوهش روش تاگوچی به عنوان یکی از روش‌های طراحی آزمایش‌ها به‌منظور کاهش اسیدیته و pH نوشابه فانا در شرکت روز نوش کرمانشاه مورد مطالعه واجرا قرار گرفته است. هر یک از مراحل اجرایی روش به صورت کامل مورد بررسی قرار گرفته است. انجام این مطالعه منجر به نتایج قابل توجه ای در بررسی دو مشکل شرکت شده است، به گونه‌ای با شناخت اولیه مشکل‌ها که انحراف اسیدیته وpH نوشابه فانا از مقدار هدف می‌باشد و فاکتورهای مؤثر برآن (یعنی سختی آب تصفیه شده(A)، قلیائی بودن آب(2P-M) (B) ، pHتانک تصفیه آب(C)، گاز نوشابه فانا(D) و بریکس نوشابه فان(E)) علاوه براینکه فاکتورهای با اهمیت (فاکتورهایی که دارای اثر و یا اثر متقابل با اهمیت می‌باشند) شناخته شده‌اند، اطلاعات زیادی در مورد فرآیند و دیگر اثرهای متقابل بدست آمده است. برای در نظر گرفتن همزمان دو هدف از روش معیار ارزیابی کلی (OEC) استفاده شده است. در این مطالعه از میان 5فاکتور، چهار فاکتور E,C,B,A به عنوان فاکتورهای مؤثر بر متغیرهای پاسخ انحراف اسیدیته وpH نوشابه فانا شناسایی شده‌اند. روش تاگوچی تنظیم سه فاکتور C,B,Aرا در سطح ۱ و فاکتور E را در سطح۲ به عنوان راه‌حلی در برطرف کردن این مشکل ارائه می‌دهد. .به گونه‌ای که تنظیم این فاکتورها در سطوح بهینه (E2,C1,B1,A1)، منجر به افزایش نسبتS/N به اندازه 2/402 واحد گشته است. سهم هر فاکتور به ترتیب 0/552,0/832,0/613,0/404 می‌باشد و در کل نسبت S/Nرا از 35/946- به 33/545- افزایش یافته است..

با اجرای این روش به عنوان یک روش علمی‌که با انجام آزمایش های تاییدی همراه است، نتایج قابل اطمینان بوده و رسیدن به هدف کیفی به راحتی میسر شده است به گونه ای که موجب کاهش هزینه و اتلاف وقت در تنظیم بهینه سطوح شده است.

در انتها باید اشاره نمود که روش تاگوچی به اندازه‌ای در زمینه های کیفی قدرتمند عمل می‌کند که حتی اگر مراحل اصلی این روش نیز اجرا گردد و از جزئیات روش به دلایل وجود محدودیت‌ها در منابع صرفنظر گردد ، نتایج گسترده‌ای را به همراه می‌آورد. (البته اجرای دقیق و درست این روش همواره توصیه می‌گردد). لذا سازمان‌های تولیدی وخدماتی با بهره گیری از کارشناسان می‌توانند به اجرای مستمر و مداوم این روش، به حذف آن‌ها فلسفه بهبود مداوم را فراتر از نام و نشان‌های کیفی در عمل به کار ببندند.

Archive of SID

www.SID.ir

منابع

۱) اخوان نیاکی، سید تقی و خنانشو، شاروکین. ،۱۳۸۵،" کاربرد طراحی آزمایش ها در تعیین عوامل مؤثر در مشخصه های کیفی رگلاتور آب" ، فصلنامه علمی‌پژوهشی شریف ، شماره ۳۶،ص ۸۱-۸۵.

۲) فادکه، مدهاواس. ۱۳۸۰، مهندسی کیفیت با استفاده از طراحی اثر زدا، ترجمه عبدالحسن خدایوندی، چاپ اول، همدان: انتشارات دانشگاه بوعلی سینا ،ص۱۲۶-۱۴۰.

۳) مونتگمری، داگلاس سی. ،۱۳۸۰، طرح وتحلیل آزمایش ها ، ترجمه غلامحسین شاهکار ، چاپ دوم ، تهران : مرکز نشر دانشگاهی ص۴۸۸-۵۰۶.

4)Antony,J.et al. , ۱۹۹۹ ," Experimental Quality-A Strategic Approach to Achieve and Improve Quality",Kluwer Academic Publishers, Dordrecht , December, PP.۷-۱۱.

5)Antony,J., ۱۹۹۶, A strategic methodology to the use of advanced statistical quality control techniques,Ph D thesis.

6)Antony,J.et al. , ۱۹۹۶ ," Optimisation of core tube life using taguchi experimental design methodology", Journal of Quality Word (Technical Supplement) , IQA ,March,PP.۳۸۶-۳۹۲.

7)Antony,J.et al., ۱۹۹۸ ,"A strategic methodology to the use of advanced statistical quality inprovment technique ",The TQM Magazine (The international Bi-Monthly for TQM) ,Vol .۱۰,No ۳,PP.۱۶۹-۱۷۶.

8)Antony,J.et al., ۲۰۰۵ ," Multiple response optimization using Taguchi methodology and neuro-fuzzy based model " , Journal of Manufacturing Technology Management ,Vol. 17, No. 7, pp. 908-925.

9)Antony,J. and Antony, J.F., ۲۰۰۱, "Teaching the taguchi method to industrial engineers",University Press,Vol .۵۰,No.۴, PP. ۱۴۱-۱۴۹.

Archive of SID

www.SID.ir