

## طراحی سیستم کنترل فرایند آماری برای کنترل کیفیت آسفالت

سهیل حریری موحد<sup>۱</sup>، سروش آوخ دارستانی<sup>۲</sup>

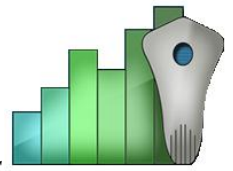
### چکیده

کنترل کیفیت آماری یکی از مهمترین رویکردها در فرآیند تضمین کیفیت محصولات تولیدی می باشد. کنترل کیفیت مجموعه عملیاتی نظیر اندازه گیری یا آزمون است که روی یک محصول یا کالا انجام میشود تا مشخص شود آیا آن محصول با مشخصات فنی مورد نظر مطابقت دارد یا خیر. در این مقاله تلاش می شود از فرآیند کنترل کیفیت آماری برای تولید آسفالت گرم استفاده شود. برای این منظور به بررسی نمودارهای کنترل آسفالت گرم پرداخته می شود. همچنین حدود بالا و پایین برای تست های ارائه شده و کیفیت آسفالت ارائه می شود. نتایج بر اساس نمونه گیری از داده های واقعی ارائه می شود. در این مقاله برای تحلیل پایداری داده ها از حاصل از نتایج آزمایشات، از نمودار کنترل میانگین و برای بررسی معنی داری آزمون از توزیع نرمال بر پایه فرضیه صفر استفاده شده است. نتایج آزمونهای آماری برای مطالعه موردی نشان می دهد که برای کنترل کیفیت ویژگی آسفالت، باید تحلیل پایداری و تحلیل تغییرات بر پایه فرضیه صفر به طور همزمان صورت بگیرد.

**کلمات کلیدی:** کنترل کیفیت آماری، کنترل میانگین، آسفالت گرم، توزیع نرمال

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد ناپیوسته مهندسی صنایع و مکانیک دانشگاه آزاد اسلامی واحد قزوین soheilhariri@yahoo.com

استادیار مهندسی صنایع دانشکده صنایع و مکانیک دانشگاه آزاد اسلامی واحد قزوین avakh@qiau.ac.ir



#### مقدمه

پایه و اساس کنترل کیفیت آماری به مفهوم امروزی آن، طی سالهای دهه 1920 گذاشته شد. استفاده از روشهای کنترل کیفیت آماری، کلیه صنایع کارخانه ها را در راستای بهبود بهره‌وری، جلوگیری از تولید اقلام معیوب، جلوگیری از تنظیم های غیرضروری و آگاهی از فرآیند یاری می رساند. طبق تجربیات متمادی، واحدهای تولیدی که از روشهای کنترل کیفیت آماری بهره می برند، از بازده قابل توجهی نسبت به سایرین برخوردارند. امروزه دیدگاهی مهندسی در مراکز صنعتی حاکم بوده و دیگر از بافت کارگاهی و تجربی گذشته خبری نیست. سودآوری، دریافت گواهینامه های استاندارد داخلی و بین المللی، تامین نیازهای مشتریان از نظر تنوع طراحی، استحکام و زیبایی، واحدهای تولیدی را بر آن داشته تا از تکنیکهای کنترل کیفیت آماری به عنوان اهرم و وسیله سهل الوصول برای بهبود کیفیت محصولات و فرآیندهای تولیدی کارخانه استفاده نمایند. از دید دیگر می توان گفت که روشهای کنترل کیفیت آماری در صنایع گوناگون بوسیله کنترل تمامی مشخصه ها از مواد اولیه تا محصول نهایی باعث می شوند تا ضایعات و دوباره کاری ها و همین طور هزینه ها به حد قابل قبولی رسیده و در نتیجه عمر مفید فرآورده ها نیز افزایش یابد.

در جهان اطراف ما دو محصول و یا دو کار کاملاً مشابه وجود ندارد. هرچند که ساخت محصول و یا انجام کار توسط یکفرد یا افراد مختلف باشد حتی محصولات تولیدی توسط یک کارگر و با استفاده از یک ماشین، با مواد اولیه یکسان با یکدیگر تفاوت جزئی دارند. بهترین کاری که یک سازنده در محصول خود می تواند انجام دهد شناسایی علل تغییرات محصول خود و برقراری ضوابطی جهت کنترل عوامل مؤثر در تغییرات و حفظ این تغییرات در محدوده ای مناسب است. حذف کامل تغییرات در تولید معمولاً امکان پذیر نمی باشد و در صورتی که امکان پذیر باشد از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نمی باشد.

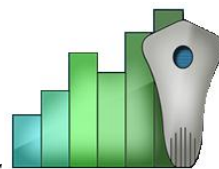
استفاده از کنترل کیفیت آماری ما را از تغییرات ناگهانی و یا جزئی در کیفیت محصول آگاه ساخته و اجرای اقدامات چاره جویانه را امکان پذیر می سازد و از تولید محصولات معیوب و تحمیل هزینه های سنگین جلوگیری می کند.

#### بیان مساله

از دیدگاه فلسفی کیفیت نه ذهن است و نه ذات، بلکه یک هویت سومی است مستقل از این دو؛ کیفیت چیزی است که نمی تواند به سادگی تعریف شود ولی چیزی است که همگان آنرا می فهمند. تعریف دیگری از منظر فلسفی ارائه شده است به این مضمون که کیفیت حالتی از تعالی است که بر خوب بودن مرغوبیت دلالت دارد و قابل تفکیک از مرغوبیت ضعیف است؛ کیفیت دستیابی یا رسیدن به بالاترین حد استاندارد در مقابل ناجوری و تقلبی بودن است

• تعریف کیفیت مبتنی بر محصول:

تعاریف ارائه شده از این منظر حاکی از آن است که اختلاف در کیفیت ماحصل اختلاف در کیفیت برخی از صفات و مشخصه های موردانتظار می باشد؛ کیفیت مجموعه ای از صفات است که در ویژگی های هر واحد محصول جای گرفته است.



• تعریف کیفیت مبتنی بر مصرف کننده:

کیفیت عبارتست از توانایی و ظرفیت برآورده کردن خواسته ها. به عبارت دیگر در تجزیه و تحلیل نهایی یک بازار، کیفیت یک محصول بستگی به این دارد که محصول مورد نظر تا چه حدی الگوهای ترجیحات مصرف کننده را به خوبی برآورده ساخته باشد.

از این دیدگاه کیفیت به معنی مناسب بودن برای استفاده نیز تعریف شده.

• تعریف کیفیت مبتنی بر تولید: برخی از تعاریف تطابق با الزامات را به معنی کیفیت می دانند و برخی نیز کیفیت را حدی که یک محصول مشخص با طراحی یا مشخصات آن محصول تطابق دارد می دانند.

• تعریف کیفیت مبتنی بر ارزش: از این منظر کیفیت یعنی بهترین شرایط از نظر یک مشتری خاص که این شرایط عبارتند از استفاده واقعی و قیمت فروش آن محصول.

در برخی منابع نیز چنین ذکر شده که کیفیت عبارتست از درجه تعالی در یک قیمت قابل قبول و کنترل تغییرات در یک سطح هزینه قابل قبول

• سایر تعاریف:

علاوه بر ۵ گروه تعاریف قید شده به طور پراکنده تعاریف دیگری نیز ارائه شده است که مهمترین آنها به این شرح است: کرازبی معتقد است که کیفیت عبارتست از تطابق با استاندارد ها، مشخصه ها یا الزامات؛ جوران کیفیت را تناسب برای استفاده تعریف نموده است؛ در برخی منابع دیگر از عباراتی چون برآورده کردن و یا فراتر رفتن از انتظارات مشتری و ذوق زده نمودن مشتری استفاده شده است.

دمنینگ معتقد است کیفیت عبارتست از درجه قابل انتظار یکنواختی و قابلیت اطمینان محصول با قیمت تمام شده پائین و مناسب برای بازار.

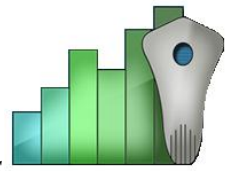
از نظر کرازبی کیفیت رایگان است (the quality is free) زیرا هزینه های اندک پیشگیری همواره کمتر از هزینه های کشف، اصلاح و شکست و نقص می باشد.

علاوه بر تعاریف مذکور، یک تعریف بین المللی نیز از کیفیت وجود دارد:

مجموعه مشخصه هایی از یک محصول که نیازهای تصریحی و تلویحی مشتری را برآورده سازد

دستیابی به کیفیت هزینه بر می باشد طراحی یک سیستم مدیریت کیفیت مناسب می تواند این هزینه ها را کمینه کند و از طرفی رضایت مشتریان را افزایش دهد رضایت و وفاداری مشتریان ارتباط تنگاتنگی با کیفیت محصولات دارد.

با توجه به مطالبی که بیان شد می توان مسئله را به این صورت بیان نمود که چگونه می توان یک سیستم مدیریت کیفیت مناسب برای صنایع تولید آسفالت طراحی نمود که هزینه ها را کمینه نماید و زمان انجام کل فرآیند تولید و کنترل کیفیت را کمینه کند.



## مبانی نظری

کاووسی و همکارانش ( 1389 ) به بررسی سیستم کنترل کیفیت آماری آسفالت گرم پرداختند. در این تحقیق بر اساس دو عامل عدم تغییر پذیری خصوصیات اجزا در زمان تولید و همچنین پراکندگی داده ها نسبت به مقادیر شاخص صورت گرفت. در این تحقیق از روش آماری تحلیل تغییرات و همچنین نمودارهای کنترل استفاده شده است. تاتو همکارانش ( 2007 ) به بررسی سیستم مدیریت کیفیت آسفالت گرم مخلوط پرداختند. همچنین در این مقاله آنها به بیان مشکلات و مسائل در حین انجام تست های کنترل کیفی پرداختند و توصیه هایی برای بهبود عملکرد این تست ها ارائه نمودند. بهترین عملکرد تست ها برای کنترل کیفیت و تضمین کیفیت برای تست های مختلف نیز در این مقاله آورده شده است. ویلویی و همکارانش ( 2007 ) به ارائه یک گزارش تحقیق در ارتباط با سیستم مدیریت و کنترل کیفیت آماری آسفالت گرم پرداختند. در تحقیق که آنها انجام دادند تمرکز بر روی خصوصیات آسفالت مخلوط برای کسب تضمین کیفیت می باشد.

آکینپالی و اوکیه ( 2006 ) به ارائه رویه کنترل و تضمین کیفیت آسفالت گرم پرداختند. آنها دستورالعملی را طراحی

نمودند که فرآیند کنترل کیفیت آماری را شامل می شود و حدود کنترل را برای تست های مختلف برآورد نموده اند.

تستهای مورد استفاده آنها شامل تست های مواد، تست ترکو سایر تستهای مرتبط می باشد.

چن و همکارانش ( 2013 ) به بررسی سیستم مدیریت و کنترل کیفیت در ارتباط با خصوصیت اتصال طولانی مدت آسفالت پرداختند. در این تحقیق آنها 5 پروژه را به عنوان نمونه انتخاب کردند و انجام تست در ارتباط با آنها پرداختند. در این تحقیق روشی برای ارزیابی خصوصیت اتصال طولانی مدت برای آسفالت ارائه نمودند.

اولیورا و همکارانش ( 2012 ) به بررسی تاثیر شرایط و رویه های مختلف تولید بر روی کیفیت آسفالت پرداختند. آنها استفاده از مواد آسفالت بازیافتی برای تولید آسفالت (باعث افزایش کنترل بر فرآیند) RAP نشان دادند سطح بالای تولید شده در نتیجه باعث می شود کیفیت محصول تولیدی افزایش پیدا کند و فرایند مخلوط کردن در رویه تولید آسفالت بر کیفیت آن پرداخت. این تحقیق به RAP نویگن ( 2013 ) به بررسی تاثیر صورت آزمایشگاهی بوده است و در آن با استفاده از شرایط مختلف ایجاد شده در آزمایشگاه ها کیفیت محصول اندازه ارائه داده شده است.

## اهداف تحقیق

۱- توسعه سیستم کنترل کیفیت حین فرآیند تولید آسفالت، جهت بررسی انطباق با مشخصه های طرح اختلاط و آیین نامه ها.

۲- طراحی سیستم مدیریت کیفیت برای صنایع آسفالت سازی و استخراج نتایج بر اساس سیستم تولید این صنایع .

## روش شناسی

آزمون های آماری از سه بخش نمونه گیری، انجام تست و تجزیه تحلیل آماری تشکیل شده اند. در این مقاله نیز برای کنترل کیفیت آماری از سه بخش با ویژگی های زیر استفاده شده است:

نمونه گیری: یک نمونه خوب باید معرف جامعه باشد در آزمونهای آماری نمونه ها نباید تفاوت فاحشی با سایر نمونه ها داشته باشد. برای بررسی سطح معنی داری آزمون معمولاً از توزیع نرمال، آزمون استیودنت، دیکسون و فیشر استفاده می شود. آماره های مورد استفاده در این مقاله فرضیه صفر بر پایه توزیع نرمال می باشد.

انجام تست: برای بررسی دقت و میزان واریانس خطای مشاهدات، از پارامترهایی استفاده می شود که میزان همبستگی داده ها را بیان کند. در روش کنترل کیفیت آنوا از پارامترهای MSE و انحراف معیار دسته استفاده می کند و در اکثر تحقیقات گذشته به صورت موفقیت آمیزی بکار رفته است.

تجزیه تحلیل داده ها: روش تحلیل تغییرات برای بررسی تغییرات میانگین دسته ها در جامعه بکار می رود و برای تحلیل و تفسیر مشاهدات بکار می رود.

برای بررسی تغییرات داده ها و مقایسه میانگین های و واریانس های دو جامعه از روش فرضیه صفر (رابطه ۱) بر پایه توزیع نرمال (رابطه ۲) استفاده شده است. در فرضیه صفر برای بررسی معنی دار بودن میانگین دو جامعه یک فرض اولیه را می پذیریم (شکل ۱) که رد فرضیه صفر معادل معنی دار بودن آزمون است.

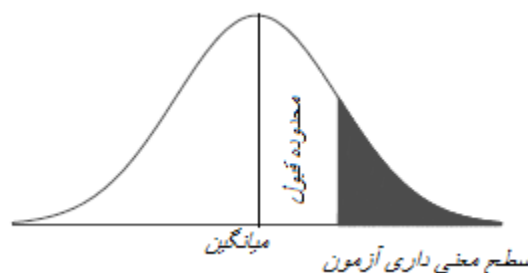
رابطه (۱)

$$\mu_1 = \mu_2 \quad \text{قبول فرضیه}$$

$$\mu_1 \neq \mu_2 \quad \text{رد فرضیه}$$

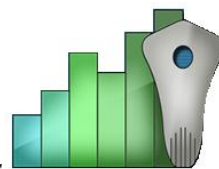
رابطه (۲)

$$f(x) = \frac{1}{\delta\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\delta^2}}$$



شکل (۱): رد یا قبول فرضیه صفر بر اساس توزیع نرمال

برای این هدف در ابتدا نمونه گیری انجام می شود. سپس تست های کیفی بر روی نمونه ها صورت می گیرد. این تست هادر کارخانه آسفالت ۷۶ و ۸۰ و ۹۰ شهرداری تهران توسط ناظرین مقیم شرکت مهندسی مشاور فرادید انجام شده است. سپس تجزیه و تحلیل آماری برای آنها ارائه می شود که نتایج آن در این مقاله آمده است. برای تجزیه و تحلیل



آماري و ميزان تغيير داده ها از آناليز واريانس استفاده مي شود. در رويکرد آناليز واريانس براي بررسي ميانگين دو يا چند نمونه از جوامع مختلف استفاده مي شود. براي بررسي انحراف معيار و تحليل تغييرات حول ميانگين و مشخص کردن ميزان سطح معنی داری داده ها از رابطه ۳ و برای بررسی همبستگی داده ها از رابطه ۲ استفاده شده است.

رابطه (۲)

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum(x_i - y_i)^2}{n}}$$

$$R = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x_i - \bar{x})^2 \sum(y_i - \bar{y})^2}}$$

رابطه (۳)

$$\sum_{i=1}^k (\bar{y}_i - \bar{y})^2$$

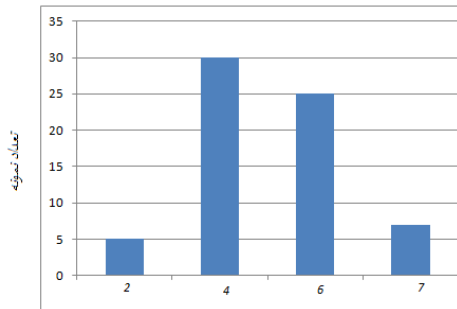
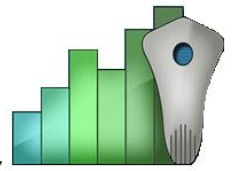
در این روابط  $y_i$  داده مشاهده ای  $i$  ام و  $\bar{y}_i$  میانگین دسته می باشد.

### یافته های پژوهش

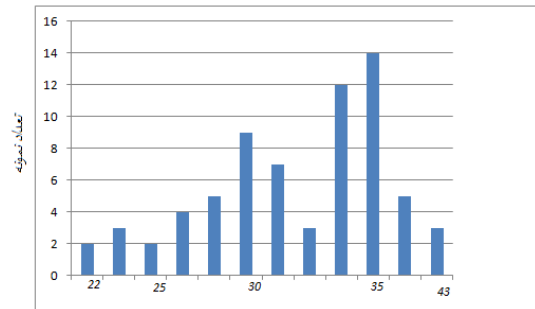
جهت نشان دادن تغییرات موجود در ویژگی ها از هیستوگرام فراوانی استفاده شده است (شکل ۲). بدیهی است که هر چه قدر توزیع هیستوگرام به منحنی نرمال نزدیکتر باشد، داده ها روند قابل قبولی برای سطح معنی داری دارند. مقادیر ویژگی های بکار رفته در تولید آسفالت گرم در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱: مقادیر پارامترهای آماری

کشیدگی	چولگی	انحراف معیار	دامنه	ماکزیمم	مینیمم	
-0.35	0.005	0.41	4	7	4	درصد عبوری از الک ۲۰۰
-0.455	0.0032	3.6	12	43	22	درصد عبوری از الک ۸
-0.13	-0.21	0.62	3.1	7.2	4.1	درصد تخلخل آسفالت
0.356	-0.152	4.2	21	78	61	درصد پر شده با قیر

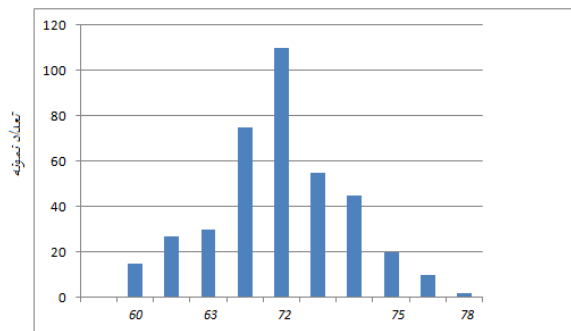


کاهش وزن از الک ۸٪

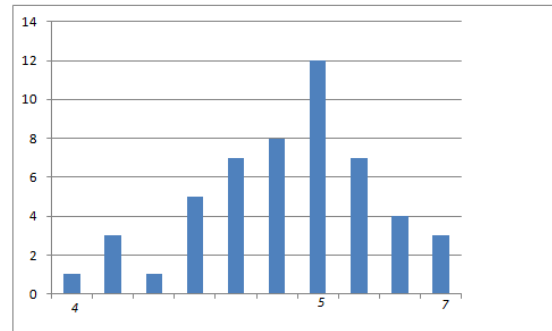


کاهش وزن از الک ۲۰۰

شکل (۲) هیستوگرام فراوانی مولفه های ویژگی آسفالت



درصد فضای پر شده با قیر



درصد تخلخل آسفالت

ادامه شکل (۲) هیستوگرام فراوانی مولفه های ویژگی آسفالت

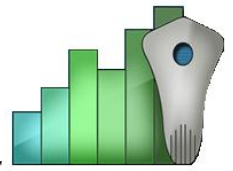
با توجه به طرح اختلاط مقادیر درصد قیر نسبت به آسفالت، بازه های فضای خالی آسفالت و پر شده با قیر، برای الکهای ۸ و ۲۰۰ در سطح معنی داری قابل قبولی قرار می گیرند (جدول ۲). لذا تمام میانگین ها در محدوده مجاز آیین نامه می باشند. و میزان رواداری قابل قبولی در سطح معنی داری ۹۵ درصد نشان داده شده است.

جدول ۲: نتایج تحلیل تغییرات با استفاده از توزیع نرمال

رد فرضیه	توزیع نرمال	
فرضیه صفر رد شده و آزمون قابل قبول است	1.42	درصد رد شده الک ۲۰۰
فرضیه صفر رد شده و آزمون قابل قبول است	5.3	درصد رد شده الک ۸
فرضیه صفر رد شده و آزمون قابل قبول است	4.1	درصد تخلخل آسفالت
فرضیه صفر صحیح است و آزمون مردود است	2.9	درصد پر شده با قیر

### نتیجه گیری

در این تحقیق به بررسی و تجزیه و تحلیل کنترل کیفیت آماری فرآیند تولید آسفالت گرم پرداخته شد. این فرآیند شامل نمونه گیری، تست و تحلیل آماری می باشد. برای تحلیل آماری داده ها از رویکرد آنالیز واریانس استفاده شده است. نتایج آنالیز واریانس نشان می دهد که دسته ها دارای میانگین های متفاوتی می باشند که از ضعف پیمانکار ناشی شده و نشان می دهد تولید فرآیند یکنواختی نداشته است. اگر چه میان دسته ها تغییرات معنی دار وجود دارد ولی روند زیگزاکتی عملکردی پیمانکار نشان دهنده کنترل نسبتاً خوب پیمانکار است. با توجه به نتایج روش تحلیل پایداری و تحلیل تغییرات بر پایه فرضیه صفر باید همزمان استفاده گردد.



منابع

۱. کاووسی، امیر. نظری، هادی. خراشاهی، علیرضا. (۱۳۸۹) کاربرد روشهای آماری جهت کنترل کیفیت آسفالت گرم. پنجمین کنگره ملی مهندسی

عمران.

2. Akkinepally, R. N. Attoh-Okine, (2005). Quality control and quality assurance of hot mix asphalt construction in :University of Delaware.

3. Chen, C., et al., (2013). Quality control/quality assurance testing for longitudinal joint density and segregation of asphalt mixtures. Construction and Building Materials. 47: p 75- 80.

4. Cross, S.A., M.R. Hainin, A. Ado-Osei, (1998). Effects of Segregation on Mix Properties of Hot Mix Asphalt.

5. Kim Willoughby, P., J.P. Mahoney, J. Walter, (2007). An Assessment of WSDOT's Hot-Mix Asphalt Quality Control and Assurance Requirements..

6. Marais, A.T.D.P.H. and J. Grobler. (2007). HOT MIX ASPHALT QUALITY CONTROL. in Proceedings of the 9<sup>th</sup> Conference on Asphalt Pavements for Southern Africa (CAPSA'07).

v. Montgomery, D.C. (2007). Introduction to statistical quality control. John Wiley & Sons. Nguyen, H.V. (2013),

Effects of mixing procedures and rap sizes on stiffness distribution of hot recycled asphalt mixtures.

Construction and Building Materials. 47: p. 742-728.

۸. Oliveira, J.R., et al. (2012), Effect of different production conditions on the quality of hot recycled asphalt mixtures. Procedia-Social and Behavioral Sciences. 53: p. 266-275.