

بررسی دقت و عوامل تأثیرگذار بر ضریب پرداخت بهای بتن آسفالتی

مقاله پژوهشی

رامک حمیدی جو*، دانشجوی دکتری، دانشکده انرژی، دانشگاه صنعتی کرمانشاه، کرمانشاه، ایران
امیر کاوسی، استاد، دانشکده مهندس عمران و محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: rhamidiju@gmail.com

دریافت: ۹۸/۰۲/۰۳ - پذیرش: ۹۸/۰۷/۱۹

صفحه ۱۸۷-۱۹۸

چکیده

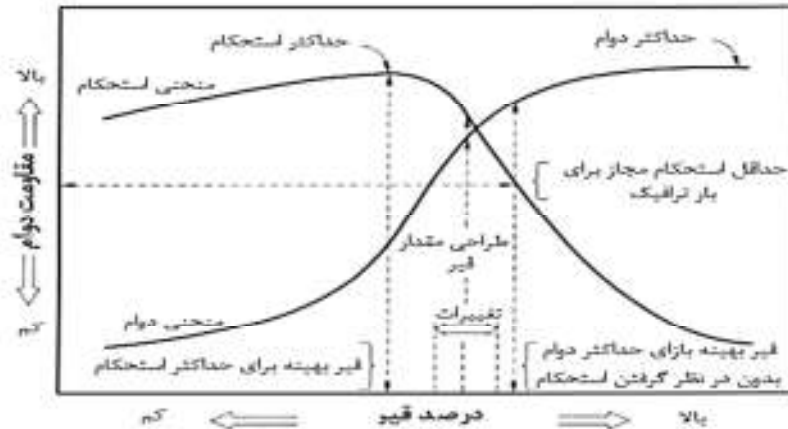
ضرایب پرداخت جزء لاینفک تضمین کیفیت اند، از آنجا که در تولید و اجرای آسفالت نمی‌توان تمام مشخصات را مطابق ضوابط تأمین نمود. رابطه بین میزان کیفیت و پرداخت باید تعیین شود. نتایج بررسی‌های انجام شده بر روی ۲۱ طرح اختلاط به روش مارشال، ۵۹۲ برگه آزمایش تضمین کیفیت و بازدیدهای میدانی از کارگاه‌های آسفالت نشان می‌دهد، در تهیه طرح اختلاط مواردی از عدم دقت در تعیین نوع ترافیک طرح، نمونه‌گیری‌ها و تعیین درصد قیر بهینه وجود دارد و از طرح اختلاط برای یک دوره چند ساله تولید و اجرا استفاده شده است. در بررسی‌ها مشخص شد، آزمایشات مارشال که بر ضریب پرداخت تأثیرگذار است، بدون کالیبره کردن چکش‌ها انجام شده و در مواردی دارای اشتباه محاسباتی می‌باشد. در برخی از این پروژه‌ها علی‌رغم وجود درصد کمتر پارامترهای مارشال داخل مشخصات، از ضریب پرداخت بالاتری برخوردار شده‌اند که این موضوع قابل تأمل بوده و ضمن توجه به مباحث و دلایل عدم انطباق مطروحه در این تحقیق، می‌تواند ناکارایی ضریب پرداخت انتخابی را مشخص کند و یا بیانگر این باشد که استفاده از نتایج تضمین کیفیت (QA) برای پذیرش و پرداخت به پیمانکار، بدون توجه به کنترل کیفیت (QC)، نمی‌تواند به عنوان راهکاری اساسی برای افزایش کیفیت روسازی‌های آسفالتی و منظور نمودن هزینه‌ها بر اساس چرخه عمر باشد.

واژه‌های کلیدی: تضمین کیفیت، ضریب پرداخت، طرح اختلاط، کسر بهاء، کنترل کیفیت

۱- مقدمه

کارفرمایان، مشاوران و پیمانکاران پروژه‌ها از آزمایشات فیزیکی و شیمیایی برای ارزیابی کیفیت مصالح و روش‌هایی در تولید، پخش و تراکم آسفالت استفاده می‌کنند. تعداد، نحوه آزمایشات و زمان انجام آن‌ها در برنامه‌های کنترل کیفیت و تضمین کیفیت بیان می‌شود. این آزمایشات در سه بخش: کنترل کیفیت (QC)، معیارهای پذیرش مخلوط و تضمین کیفیت (QA) انجام می‌شوند (خرازی و ولی‌نژاد، ۱۳۹۳).

عمر مفید یک روسازی آسفالتی و هزینه مرمت و بهسازی آن می‌تواند به خواص و ویژگی آن نظیر میزان قیر مصرفی، دانه‌بندی مصالح سنگی، وزن مخصوص، پارامترهای حجمی مخلوط (فضای خالی آسفالت، فضای خالی پر شده با قیر و...) و میزان تراکم آن وابسته باشد. شکل (۱) رابطه بین میزان قیر مخلوط را با استحکام و دوام آن نشان می‌دهد.



شکل ۱. رابطه استحکام و دوام با درصد قیر در مخلوط‌های آسفالتی [حمیدی جو، ۱۳۹۶]

۲- ضرایب پرداخت و کسر بهاء

هنگامی که مشخصات و کیفیت برای تصمیم‌گیری در مورد پرداخت به کار می‌رود، تعیین رابطه بین میزان کیفیت و پرداخت مهم می‌شود. جدول (۱) نمونه‌ای از ضرایب پرداخت را در مناطق مختلف نشان می‌دهد. (NCHRP, R ۴۴۷, ۲۰۰۱) مطابق شکل (۲) بر اساس تحقیقات مدیریت بزرگراه‌های فدرال (FHWA) درصد، پارامترهای داخل مشخصات (PWL) و درصد خارج از مشخصات (PD) اندازه‌گیری و به عنوان جامعه آماری پذیرفته می‌شوند. (Radha, Nii ۲۰۰۶).

ضرایب پرداخت جزء لاینفک تضمین کیفیت می‌باشند. از آنجا که در تولید و اجرای آسفالت نمی‌توان تمام مشخصات را مطابق ضوابط تأمین نمود، کیفیت و عمر روسازی کاهش می‌یابد کارفرمایان در تلاش‌اند تا ضرایب پرداخت را با هزینه‌های چرخه عمر تطبیق دهند. ضرایب پرداخت می‌تواند بر اساس نوع راه متغیر باشد به طور مثال برای راه‌های موقتی با AADT کم، می‌توان از ضرایب پرداخت بالاتر که با هزینه‌های چرخه عمر آنها متناسب است استفاده نمود.

جدول ۱. نمونه‌ای از ضرایب پرداخت مرکب در مناطق مختلف [NCHRP, R ۴۴۷, ۲۰۰۱]

محاسبه ضریب پرداخت نمونه	رابطه ضریب پرداخت (Pay factor)	محل کاربرد
	$PF = 55 + 0.5 PWL$	
$0.2*(0.97+1.05)/2+0.3*0.77+0.5*0.68=0.773$	$0.2*Gradation + 0.3*AC + 0.5*Density$	Colorado
$0.4*0.68+0.3*0.77+0.3*(0.97+1.02)/2=0.806$	$0.4*PF \text{ of Density} + 0.3*PF \text{ of Asphalt} + 0.3*PF \text{ of Aggregate}$	Idaho
$\{3*(0.77+0.8+0.68)+(0.97+1.05)/2\}/10=0.776$	$(3*(AC+AV+Density)+Gradation) / 10$	Oklahoma
Gradation = دانه‌بندی	AC = درصد قیر	
AV = درصد فضای خالی آسفالت	Density = تراکم	



شکل ۲. رابطه بین پارامترهای داخل مشخصات (PWL) و درصد خارج از مشخصات (PD) [Radha, Nii ۲۰۰۶]

لازم به ذکر است سازمان برنامه و بودجه به عنوان مرجع تدوین مشخصات فنی عمومی راه (نشریه ۱۰۱) و آیین‌نامه روسازی‌های آسفالتی (نشریه ۲۳۴) تاکنون در این زمینه ضوابطی را منتشر ننموده است. برخی از ضوابط مالی در فهرست بهای پایه راه، راه آهن و باند فرودگاه آمده است و در حال حاضر کمیته‌ای مسئولیت تهیه و تدوین آن را به عهده دارد.

۳- طرح اختلاط

هدف از طرح مخلوط‌های آسفالتی، تعیین مناسب‌ترین و اقتصادی‌ترین مخلوط مصالح سنگی، قیر و مواد افزودنی است، طرح اختلاط یک روسازی آسفالتی عموماً شامل انتخاب مصالح سنگی دانه‌بندی شده، قیر و مواد افزودنی به کار گرفته شده، آزمایش مخلوط‌های آسفالتی در درصدهای مختلف اجزاء آنها و انتخاب مخلوط بهینه‌ای است که پیش‌بینی می‌شود بهترین عملکرد را در سرویس‌دهی دارند، به طور ایده‌آل مخلوط‌های آزمایشی باید تا حد امکان مشابه شرایط اجرا، آماده و متراکم شوند بطوریکه بتوانند بیانگر مخلوط‌های تولید شده و به کار رفته در محل باشند. مشخصات تعیین شده باید به خوبی نشان دهنده عملکرد آسفالت در سرویس‌دهی باشد و این مشخصات می‌بایست بتواند قابلیت پذیرش بتن آسفالتی را تعیین و به انتخاب طراحی مخلوط بهینه پردازد (Mang, 2005). به عبارت دیگر، طرح اختلاط یکی از مهمترین ارکان کنترل کیفیت، معیارهای پذیرش مخلوط‌های آسفالتی، تضمین کیفیت و کسر بهاء در پرداخت می‌باشد. در حال حاضر در طرح اختلاط روسازی‌های آسفالتی کشور از روش مارشال استفاده می‌شود.

در کشور ایران به جای ضریب پرداخت از ضریب کسر بهاء استفاده می‌گردد. این میزان کسر بهاء توسط آزمایشاتی که با هزینه عمر روسازی مرتبط باشد، تأیید نشده است. لذا، می‌توان گفت که این کسر بهاء بیشتر جنبه بازدارندگی از تولید، پخش و اجرای نامطلوب روسازی‌های آسفالتی دارد. هر چند وجود سامانه مدیریت روسازی PMS که اخیراً در کشور در حال راه اندازی است می‌تواند کمک شایانی در دقت روابط کسر بهاء داشته باشد. در ضوابط وزارت راه و شهرسازی، مبلغی که بابت عدول از مشخصات برای هر یک از موارد بایستی از مطالبات پیمانکار کسر شود (R)، از رابطه (۱) به دست می‌آید:

$$R_i = a_i \times C \times \frac{n}{N} \quad (1)$$

که در آن a_i ضریبی است که از جدول مربوطه بسته به میزان تجاوزها از مقدار مجاز بدست آمده، C قیمت کل آسفالت، n تعداد آزمایش‌هایی است که با توجه به حدود مندرج در جدول مربوطه خارج از مشخصات بوده و مشمول کسر بهاء است و N تعداد کل آزمایش‌های انجام شده در حین پیشرفت کار و هنگام تحویل می‌باشد.

ابهامات فعلی در متن ابلاغیه وزارت راه و شهرسازی در تعیین جرائم و پذیرش آسفالت، کسر بهای غیر متعارف در مواردی که تعداد آزمایشات کم و بخشی از آن خارج از مشخصات باشد، محاسبه و اعمال آن را دشوار نموده است. در یک پروژه نمونه، مبلغ جریمه نسبت به ضابطه قبلی چهار برابر افزایش یافته و در حدود ۲۵ درصد بهای آسفالت می‌باشد. ضوابط و معیارهای شهرداری تهران برای تعیین میزان کسر بهاء آسفالت نیز تقریباً مشابه ضوابط وزارت راه و شهرسازی است.

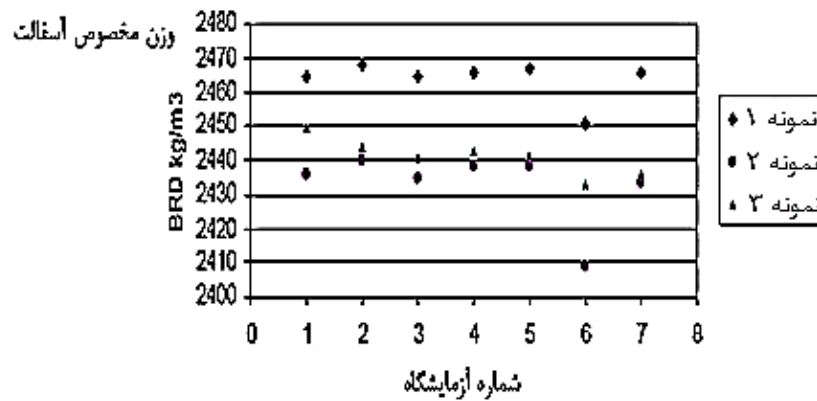
۳-۱- اختلاف در نتایج آزمایشگاهی

نشان داده شده لذا تغییرات نتایج روش مارشال در آزمایشگاه‌های مختلف را باید در نظر گرفت و این موضوع در مراحل طراحی، کنترل کیفیت و تولید نیز می‌بایست مورد توجه واقع شود (Denneman, 2007).

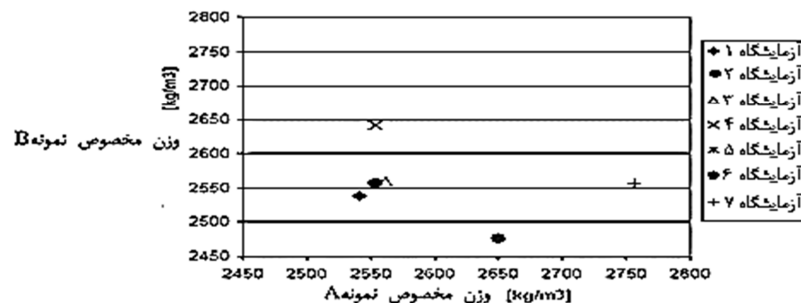
۳-۲- روش تحقیق

مدیریت بزرگراه‌های فدرال (FHWA) توصیه می‌کند از روش‌های آماری آزمون **F&t** برای مقایسه واریانس و میانگین دو دسته داده استفاده شود، آزمون **F** برای مقایسه واریانس دو دسته داده کاربرد دارد. هدف این آزمون این است که نشان دهد اگر داده‌ها از یک جامعه باشند نتایج آزمایشات پیمانکار و کارفرما از نظر آماری نباید اختلاف زیادی داشته باشند، همچنین آزمون **t** به مقایسه آماری میانگین‌ها می‌پردازد. در فرآیند پذیرش، آسفالت‌های اجرا شده بر اساس تلفیقی از نتایج **QA** و **QC** است (Brown, 2006).

معمولاً چنین تصور می‌شود نتایج آزمایش‌های مارشال که توسط کارکنان در آزمایشگاه‌های مختلف بر روی نمونه‌های مشابه انجام می‌شود نباید اختلاف زیادی با هم داشته باشند. مطالعاتی در مورد نمونه‌های آزمایشگاهی که توسط افراد و آزمایشگاه‌های مختلف تست شده‌اند انجام شده اما نتایج بررسی‌ها این موضوع را تأیید نمی‌کند، برخی از دلایل این تفاوت‌ها عبارتند از: نحوه عمل شخص آزمایشگر، روش آماده سازی نمونه، تجهیزات و لوازم آزمایش و مشخصات مخلوط، به طور مثال در هنگام آماده سازی نمونه‌ها عواملی نظیر وزن چکش، ارتفاع آزاد سقوط چکش، اصطکاک بین میله و چکش، نوع فونداسیون قالب و چکش، نحوه گیرداری قالب، زاویه سقوط چکش، دمای مخلوط، قالب و چکش به هنگام تراکم و فرکانس اعمال ضربه‌های چکش می‌توانند در مشخصات آن‌ها تأثیرگذار باشند در اشکال (۳) و (۴) نتایج تعیین وزن مخصوص آسفالت در آزمایشگاه‌های مختلف،



شکل ۳. نتایج تعیین وزن مخصوص آسفالت برای سه نمونه استاندارد در هفت آزمایشگاه مختلف [Denneman, 2007]



شکل ۴. وزن مخصوص ماکزیمم آسفالت محاسبه شده برای دو نمونه یکسان در هفت آزمایشگاه مختلف [Denneman, 2007]

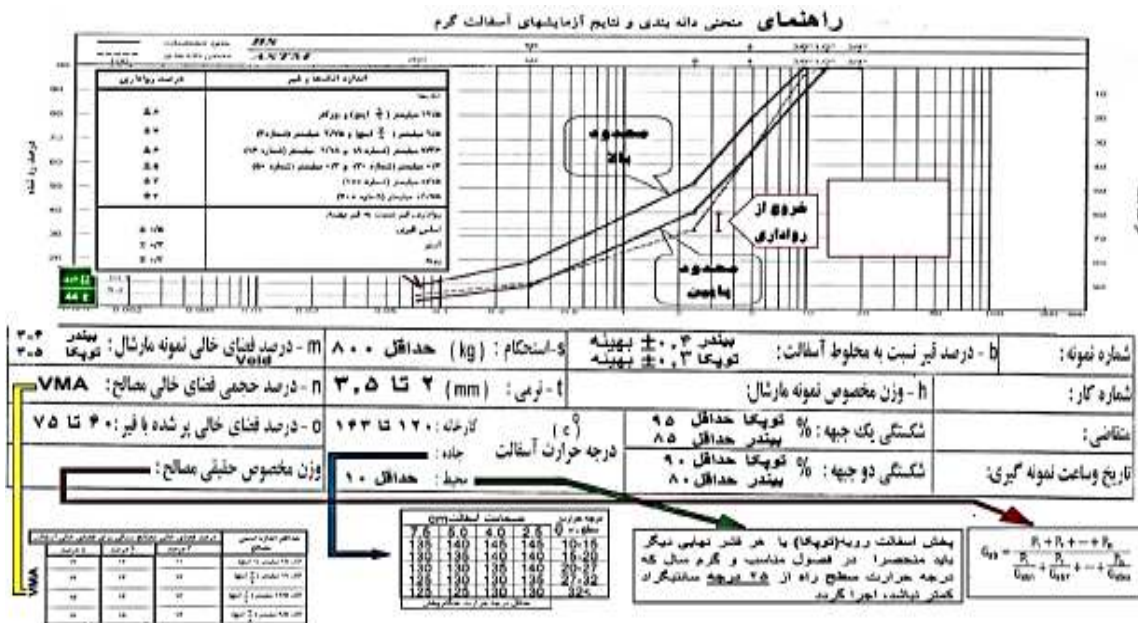
از B1 تا B11 انتخاب و نامگذاری گردید که از این ۲۱ طرح اختلاط، ۱۲ طرح اختلاط مرتبط با برگه‌های تضمین کیفیت می‌باشند. با بررسی و تحلیل اطلاعات بیش از ۸۱۰۰ داده مستخرج از برگه‌های تضمین کیفیت، مطالعات آماری متعدد و گسترده‌ای بر روی آن‌ها صورت گرفت، این موضوعات شامل مشخصات طرح اختلاط، آسفالت تولید شده و مقایسه آن‌ها با هم و مشخصات فنی عمومی بود و تحلیل جامعی نیز در طرح اختلاط، مقایسه مشخصات بتن آسفالتی تولید شده با مشخصات طرح اختلاط و مشخصات فنی عمومی راه و دقت آزمایشات مارشال انجام شد.

۴- یافته‌های تحقیق

۴-۱- طرح اختلاط

• در بررسی روش تعیین درصد قیر بهینه مشخص شد: تمامی طرح‌های اختلاط علی‌رغم استفاده برای راه‌های مختلف، براساس ترافیک سنگین انجام شده است. زمان تهیه طرح‌های اختلاط طولانی و گاه‌به‌گاه چند سال می‌رسد. مشخص گردید طرح‌های اختلاطی که در آزمایشگاه دوم تهیه شده است هنوز درصد قیر بهینه را بر اساس نشریه قبلی

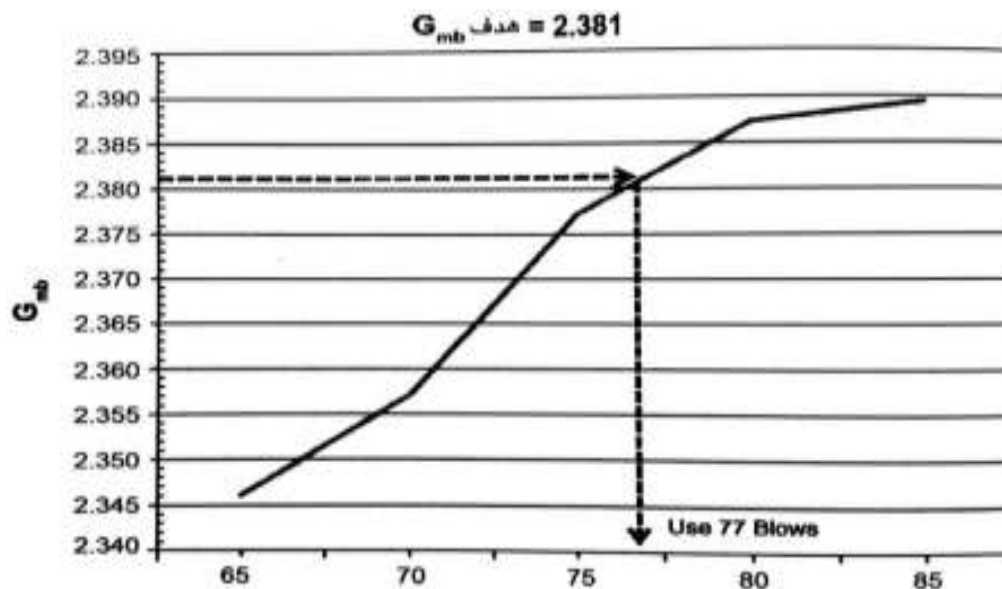
بر این اساس پس از مطالعات میدانی و جمع‌آوری اطلاعات اولیه مقرر گردید داده‌های لازم متناسب با موضوع تحقیق اخذ و مورد بررسی قرار گیرد، برای این منظور جهت کنترل، برگه‌های آزمایشگاهی تضمین کیفیت یکی از دستگاه‌های اجرایی با حجم بالای عملیات آسفالتی، انتخاب گردید. همچنین بازدیدهای میدانی از کارخانه‌های مختلف آسفالت و نحوه عمل آزمایشگاه‌های کنترل و تضمین کیفیت صورت گرفت و مواردی از عملکرد دستگاه‌های اجرایی در نحوه اعمال جراثم بررسی شد. تعداد برگه‌های آزمایشگاهی موجود مطابق شکل (۵) در حدود ۵۹۲ برگ بود که برای بررسی تضمین کیفیت عملیات سه ساله دستگاه اجرایی توسط دو مشاور مکانیک خاک و مقاومت مصالح تهیه شده بودند و یک مشاور در رسته راه و ترابری وظیفه کنترل و نظارت را به عهده داشت. خوشبختانه تمامی اطلاعات پروژه‌ها اعم از نتایج مثبت و منفی اخذ شد. این برگه‌ها برای قشر رویه (توپکا) از T1 تا T6 و برای قشر آستر (بیندر) از B1 تا B6 نام‌گذاری گردید. برخی از اطلاعات این برگه‌ها به دلایلی نظیر عدم ارسال به موقع طرح اختلاط، درجه حرارت پایین آسفالت، اشتباه در درج اطلاعات و ... ناقص بود که حسب مورد حذف یا اصلاح گردید. همچنین تعداد ۲۱ طرح اختلاط برای قشر رویه (توپکا) از T1 تا T10 و برای قشر آستر (بیندر)



شکل ۵. نمونه‌ای از برگه آزمایش تضمین کیفیت و درج مشخصات و ضوابط بر روی آن

مجاز قیر نشان می‌دهد که در تعدادی از طرح‌های اختلاط پس از اعمال روا داری‌های قیر، مشخصات فنی آسفالت تأمین نگردیده اما طرح اختلاط پذیرفته شده است؛ همچنین در هیچیک از طرح‌های اختلاط موضوع بند ۲۰-۷-۴ (کنترل نتایج طرح اختلاط آزمایشگاهی) مشخصات فنی عمومی راه، مورد بررسی و اصلاح قرار نگرفته در نشریه ۱۰۱ (تجدید نظر اول) بیان شده است: "با راه‌اندازی کارخانه آسفالت و تولید مخلوط آسفالتی به شرح بند ۲۰-۱۰ و بر اساس طرح تهیه شده، سپس پخش و کوبیدن این آسفالت در یک قطعه آزمایشی و نمونه‌گیری از مراحل تولید و اجرا نتایج را باید با داده‌های طرح آزمایشگاهی مقایسه کرد. چنانچه در این مقایسه، انطباق ویژگی‌های مخلوط آسفالتی با مشخصه‌های طرح اختلاط ضمن رعایت روا داری‌های پیش‌بینی شده در مشخصات به تأیید دستگاه نظارت برسد، طرح اختلاط برای اجرا به پیمانکار ابلاغ می‌شود. در غیر این صورت باید نسبت به انجام اصلاحات لازم به منظور هماهنگی بین طرح و تولید اقدام تا انطباق نتایج آزمایش‌های کنترل کیفیت با معیارها و مشخصات فنی تضمین شود و نهایتاً فرمول کارگاهی اصلاح شده بعد از تأیید دستگاه نظارت، مبنای عملیات اجرایی قرار گیرد (نشریه ۱۰۱، معاونت امور فنی، ۱۳۸۲)." .

مشخصات فنی عمومی راه (نشریه ۱۰۱) محاسبه می‌نماید و این موضوع مورد توجه هیچ یک از کارفرمایان نبوده است. تعدادی از طرح‌های اختلاط به صورت شخصی یا به درخواست کارفرمایان قبلی تهیه شده و در یکی از طرح‌های اختلاط، تعداد مصالح سنگی از تعداد سیلوهای گرم کارخانه آسفالت بیشتر است و این موضوع نشان می‌دهد در برخی از طرح‌های اختلاط نمونه‌های مصالح سنگی از سیلوهای گرم اخذ نشده که مطابق با بند ۲۰-۷-۲ نشریه ۱۰۱ نمی‌باشد. در نمونه‌گیری‌ها، به مشابه و یکنواخت بودن نمونه‌های متوالی و آزمایش آن‌ها توسط آزمایشگاه محلی اشاره نشده بود. قیرهای تمامی طرح‌های اختلاط از نوع خالص ۶۰/۷۰ بوده که با شرایط آب و هوایی پروژه‌ها تطابق داشت اما در تعدادی از پروژه‌ها منبع تأمین قیر (پالایشگاه) تغییر کرده بود ولی کماکان همان طرح اختلاط مورد استفاده قرار گرفته است. در آزمایشگاه دوم آزمایشات قیر به طور کامل انجام نگرفته و در آن به دوام مخلوط‌های آسفالتی در برابر آب توجه نشده است. • برخی از نتایج بررسی تطابق پارامترهای مارشال طرح اختلاط با مشخصات فنی عمومی راه با اعمال روا داری‌های



شکل ۶. منحنی کالیبراسیون تراکم برای دو چکش مارشال مختلف [جمشیدی و ولی نژاد، ۱۳۹۶]

۴-۲- نتایج آزمایشگاهی

حتی نحوه اعمال ضربات مارشال نتایج را تغییر می‌دهد به طور مثال ضربه‌هایی با پرپود کم، نیروی نهایی بیشتری داشته و وزن مخصوص نمونه‌ها را بالاتر می‌برد و برعکس اگر پرپود ضربه بیشتر باشد، نیروی اعمال شده نهایی کمتر بوده و وزن مخصوص نمونه‌ها را کاهش می‌دهد (Strezs, 2005).

در بررسی نحوه کار آزمایشگاه‌ها انواع خطاهای احتمالی در تعیین مشخصات نمونه‌های بتن آسفالتی تولیدی و طرح اختلاط مشخص و نتایج آن در جدول (۲) آمده است. (حمیدی، جو، ۱۳۹۷) همچنین نتایج آزمایشات نشان داد: در حدود ۱۸ درصد نتایج پارامترهای حجمی مارشال یا دقیق محاسبه نشده یا اشتباه درج گردیده بودند. مقادیر اشتباه هیچیک از پارامترهای حجمی مارشال توسط مهندسی مشاور، کارفرما و یا دفتر مرکزی آزمایشگاه اصلاح نشده و در طرح اختلاط T4 و B4 وزن مخصوص ماکزیمم به ازای درصد‌های مختلف قیر اشتباه درج گردیده بود که Gse را به طور غلط محاسبه می‌کرد با تماس با آزمایشگاه مذکور این اشتباه تأیید و اصلاح شد. ۱۹ داده از B5 به طور اشتباه در T4 درج شده بودند که این موضوع با توجه به اختلاف زیاد وزن مخصوص‌های ماکزیمم مشخص شد. دو نفر از مسئولین آزمایشگاه در برخی از داده‌ها در محاسبه Va مرتکب اشتباه شده بودند که سایر پارامترها را تغییر می‌داد، این خطاها با جایگزینی مقادیر صحیح Va مشخص و برطرف گردید.

تعیین ضرایب تغییرات آزمایشگاه‌های مختلف برای مقادیر فضای خالی، استحکام و نرمی هنگامی که نتایج آن‌ها برای تأیید و پذیرش آسفالت تولیدی مورد استفاده قرار می‌گیرد می‌تواند بحث برانگیز باشد و باید درباره آن‌ها دقت کرد. برای کاهش اختلاف لازم است سطح لغزش چکش به دقت تمیز و روغنکاری شود و تجهیزات نیز به خوبی ثابت و محکم شوند و مطابق استاندارد این کار به طور یکسان در تمامی آزمایشگاه‌ها انجام شود. استاندارد ASTM D6926-04 بیان می‌کند: با وجود وزن و ارتفاع سقوط یکسان برای هر چکش، چگالی به دست آمده به ازاء تعداد ضربه‌های مشخص در آن‌ها با هم تفاوت دارد، لذا انواع مختلف چکش‌های مارشال که برای یک پروژه به کار می‌رود مطابق شکل (۶) باید کالیبره شوند که این موضوع مورد توجه آزمایشگاه‌های کنترل کیفیت و تضمین کیفیت نبوده است و موجب تغییر نتایج آزمایشات می‌گردد. در بررسی نمونه‌ها به موضوع کالیبراسیون چکش‌های مارشال اشاره‌ای نشده بود لذا نوعی عدم قطعیت در نتایج آزمایشگاهی خصوصاً در مقادیر به دست آمده در نزدیک حدود مشخصات وجود خواهد داشت. واضح است اگر از چکش‌های مارشال ساخت یک کارخانه برای طراحی و کنترل استفاده شود نتایج به دست آمده به هم نزدیکتر خواهد بود. در برنامه‌ای که برای مقایسه نتایج آزمایشگاه‌های مختلف در کشور هلند توسط استرژس و همکاران وی انجام شد مشخص گردید.

جدول ۲. خطاهای احتمالی در تعیین مشخصات نمونه‌های بتن آسفالتی تولید شده و طرح اختلاط [حمیدی، جو، ۱۳۹۶]

انواع خطاهای احتمالی	نمونه‌های بتن آسفالتی تولید شده (شرایط تولید کارخانه‌ای)	نمونه‌های بتن آسفالتی طرح اختلاط (شرایط تولید آزمایشگاهی)
نمونه‌گیری	خطا در نمونه‌گیری آسفالت	خطا در نمونه‌گیری قیر و مصالح سنگی
آماده‌سازی نمونه‌ها	خطا در تولید آسفالت (تغییر دما، اختلاط نامناسب، وجود ذرات سوخت ناقص بر روی مصالح سنگی، ...) خطا در تراکم نمونه آسفالت تولیدی شامل اختلاف در: وزن چکش، ارتفاع آزاد سقوط چکش، اصطکاک بین میله و چکش، نوع فونداسیون قالب و چکش، نحوه گیرداری قالب، زاویه سقوط چکش، دمای مخلوط، قالب و چکش به هنگام تراکم، فرکانس	خطا در ساخت نمونه‌های متراکم نشده (تغییر دما، اختلاط نامناسب، ...) خطا در تراکم نمونه تهیه شده برای طرح اختلاط شامل اختلاف در: وزن چکش، ارتفاع آزاد سقوط چکش، اصطکاک بین میله و چکش، نوع فونداسیون قالب و چکش، نحوه گیرداری قالب، زاویه سقوط چکش، دمای مخلوط، قالب و چکش به هنگام تراکم، فرکانس اعمال ضربه‌های

ادامه جدول ۲. خطاهای احتمالی در تعیین مشخصات نمونه‌های بتن آسفالتی تولید شده و طرح اختلاط [حمیدی جو، ۱۳۹۶]

نمونه‌های بتن آسفالتی طرح اختلاط (شرایط تولید آزمایشگاهی)	نمونه‌های بتن آسفالتی تولید شده (شرایط تولید کارخانه‌ای)	انواع خطاهای احتمالی
چکش، تعداد ضربات چکش	اعمال ضربه‌های چکش، تعداد ضربات چکش	
<ul style="list-style-type: none"> عدم تصحیح دما- چگالی آب، عدم استفاده از پارافین با وجود نیاز به آن، عدم دقت ترازوهای توزین نمونه در هوا و آب 	<ul style="list-style-type: none"> عدم تصحیح دما- چگالی آب، عدم استفاده از پارافین با وجود نیاز به آن، عدم دقت ترازوهای توزین نمونه در هوا و آب 	اندازه‌گیری وزن مخصوص حقیقی نمونه Gmb
<ul style="list-style-type: none"> خطا در اضافه نمودن قیر به مقدار مورد نظر به مخلوط 	<ul style="list-style-type: none"> خطا در آزمایش اکسترکشن عدم یکنواختی پیمانه‌های کارخانه آسفالت 	تعیین درصد قیر Pb
<ul style="list-style-type: none"> خطا در آزمایش رایس خطا در آزمایش تعیین وزن مخصوص حقیقی مصالح سنگی خطا در آزمایش وزن مخصوص قیر 	<ul style="list-style-type: none"> تغییر درصد شکستگی مصالح سنگی تغییر دانه‌بندی مصالح تغییر جنس مصالح سنگی تغییر نوع و خواص قیر به اضافه خطاهای ردیف طرح اختلاط 	درصد جذب قیر مصالح سنگی Pba
<ul style="list-style-type: none"> خطا در آزمایش تعیین وزن مخصوص قیر 	<ul style="list-style-type: none"> تغییر نوع و خواص قیر خطا در آزمایش تعیین وزن مخصوص قیر 	تعیین وزن مخصوص قیر Gb
<ul style="list-style-type: none"> خطا در آزمایش تعیین وزن مخصوص حقیقی مصالح سنگی 	<ul style="list-style-type: none"> خطا در آزمایش دانه‌بندی مصالح سنگی عدم یکنواختی پیمانه‌های کارخانه آسفالت تغییر جنس مصالح سنگی خطا در آزمایش تعیین وزن مخصوص حقیقی مصالح سنگی 	تعیین وزن مخصوص حقیقی مصالح سنگی Gsb
<ul style="list-style-type: none"> خطا در محاسبات خطا در درج پارامترهای طرح اختلاط و مارشال خطا در فرمول نویسی برنامه‌های ماشین حساب و رایانه خطا در ورود اطلاعات به نرم‌افزار وجود ویروس‌های نرم‌افزاری خطا در انتقال داده‌ها و بایگانی در پوشه مورد نظر 	<ul style="list-style-type: none"> خطا در محاسبات خطا در درج پارامترهای طرح اختلاط و مارشال خطا در فرمول نویسی برنامه‌های ماشین حساب و رایانه خطا در ورود اطلاعات به نرم‌افزار وجود ویروس‌های نرم‌افزاری خطا در انتقال داده‌ها و بایگانی در پوشه مورد نظر 	محاسبات و تعیین پارامترهای مارشال

بررسی‌ها نشان داد تنها ملاک پذیرش و تضمین کیفیت نتایج آزمایشگاه‌های QA می‌باشد ولی در مورد مهارت کارکنان انجام آزمایش، تجهیزات لازم و کالیبراسیون دستگاه‌های مورد نیاز و رعایت استانداردهای لازم، دستورالعمل‌های خاصی وجود ندارد.

با توجه به اینکه بررسی تضمین کیفیت بر مبنای آزمایشات تجزیه آسفالت و دانه‌بندی مصالح سنگی آن می‌باشد، کوچک بودن نمونه، عدم استخراج کامل قیر و خروج ذرات ریز از فیلتر می‌تواند خطای بزرگی را در نتایج ایجاد کند.

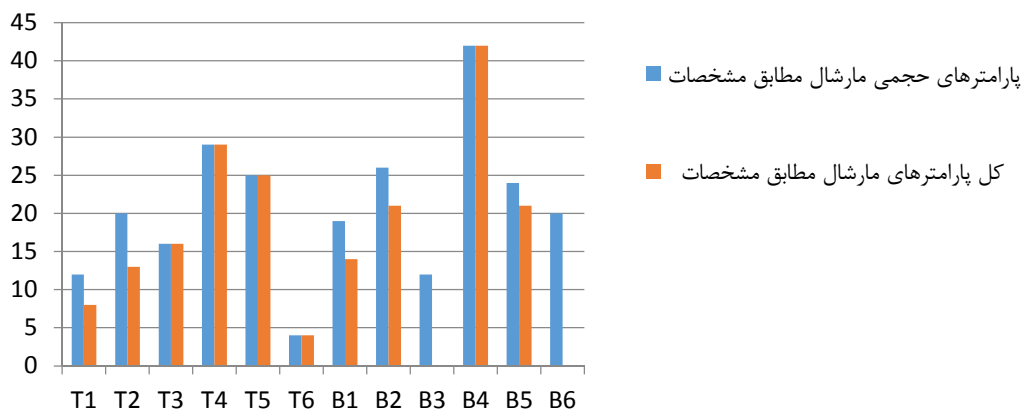
۴-۳- استفاده از کنترل‌های آماری

یک فرآیند تولید، زمانی تحت کنترل آماری است که تمامی عوامل تغییرات سیستماتیک حذف شده و تنها خطاهای اتفاقی فرآیند باقی مانده باشد و داده‌ها بین حدود کنترلی واقع شده و بدون روند باشند. هدف اصلی از تهیه نمودارهای کنترلی ایجاد زمینه‌ای برای اقدام اصلاحی است بکارگیری نمودارهای کنترلی به تعیین قابلیت‌های فرآیند تولید کمک می‌کند. اقدام اصلاحی زمانی صورت می‌گیرد که این قابلیت‌های برآورده شده نسبت به مشخصات طراحی رضایت بخش نباشد. در صورتیکه نمودار بر خارج از کنترل بودن فرآیند دلالت کند، اقدام اصلاحی انجام می‌شود. در مواردی که نقاط در داخل حدود کنترلی قرار دارند ولی تغییرات آن‌ها منظم و یا غیر تصادفی است، در این صورت نیز فرآیند تولید، خارج از کنترل می‌باشد. لذا مطالعات گسترده‌ای بر روی داده‌ها صورت گرفت و نتایج تحلیل آماری نشان داد: -دانه‌بندی آسفالت تولید شده هیچ یک از پروژه‌ها با دانه‌بندی طرح اختلاط تطابق ندارد.

-درصد قیر آسفالت تولید شده در پروژه‌های T4, B4, T5, T6 با درصد قیر طرح اختلاط برابر و در پروژه‌های T1, T2, B2, T3, B3, B5, B6 بزرگتر از درصد قیر طرح اختلاط و در B1 کوچکتر است.

-درصد نمونه‌های بتن آسفالتی تولید شده با مشخصات حجمی مطابق با مشخصات فنی عمومی راه در کلیه پروژه‌ها پایین بوده

و میانگین آن ۲۰/۷ درصد می‌باشد به این معنا که تقریباً ۸۰ درصد نمونه‌ها حتماً یکی از پارامترهای حجمی آن‌ها خارج از حدود مشخصات بوده است. شکل (۷) خلاصه این نتایج را نشان می‌دهد. در روش مذکور مبنای پذیرش آسفالت پارامترهای مارشال است و صراحتاً در مورد انطباق آن‌ها با مشخصات در نشریه ۱۰۱، اشاره شده است: "الف: حداقل روزانه یک نمونه آسفالت (اساس قیری، آستر، رویه) و در صورتیکه تولید زیاد باشد از هر ۳۵۰ تن یک نمونه از کامیون حامل آسفالت و یا آسفالت پخش شده در سطح راه و قبل از کوبیدن برداشته و مورد آزمایش‌های دانه‌بندی، درصد قیر، درصد شکستگی، استحکام و روانی، فضای خالی مخلوط، وزن مخصوص، فضای خالی مصالح سنگی و فضای خالی پر شده با قیر و تعیین نسبت وزنی فیلر به قیر مفید قرار می‌گیرد. در صورتیکه نتایج با مشخصات منطبق نباشد، باید اقدام فوری نسبت به رفع نقص به عمل آید. چنانچه نتایج بدست آمده در ۴ نوبت متوالی، برای هر آزمایش از آزمایش‌های فوق خارج از مشخصات باشد، باید عملیات آسفالتی متوقف و پس از حصول اطمینان نسبت به رفع نواقص کار مجدداً شروع شود (نشریه ۱۰۱، معاونت امور فنی، ۱۳۸۲)". این ضابطه در پروژه‌های مذکور اجرا نشده است.



شکل ۷. پارامترهای حجمی و کل پارامترهای مارشال مطابق مشخصات

۴-۴- محاسبه ضرایب پرداخت

یکی از مهمترین مسائلی که اجرای سیستم کنترل کیفیت را در کارخانه‌های آسفالت به تأخیر می‌اندازد، عدم وجود یک ضابطه مشخص برای پرداخت است بررسی برگه‌های آزمایش نشان می‌دهد پیمانکاران پروژه به موضوع اصلاح وضعیت تولید بی تفاوت یا از انجام آن ناتوان بوده‌اند با توجه به اینکه دستگاه اجرایی زیر مجموعه وزارت راه و شهرسازی نمی‌باشد، هیچ کسر بهایی برای جرائم آسفالت اعمال نشده بود اما برای پروژه‌های مذکور ضرایب پرداخت مرکب مطابق میانگین ضوابط COLORADO و IDAHO و OKLAHOMA با پیش فرض ضریب پرداخت تراکم ۰/۷۳ محاسبه گردید که نتایج آن در جدول (۳) آمده است. در جدول (۱) رابطه ضریب پرداخت مرکب به طور کامل تر تشریح شده است. در بررسی‌ها مشخص شد:

-کمترین ضریب پرداخت مربوط به پروژه T1 و بیشترین آن برای T5 و T6 می‌باشد. ضرایب پرداخت نزدیک به هم و اختلاف آن‌ها کمتر از ۱۰ درصد بوده و حداقل ضریب پرداخت مربوط به پیمانکار دولتی است.
-مقایسه جدول (۳) با نمودار شکل (۷) نشان می‌دهد در برخی از پروژه‌ها، علی‌رغم وجود درصد کمتر پارامترهای مارشال داخل مشخصات، از ضریب پرداخت بالاتری برخوردار شده‌اند که این موضوع قابل تأمل می‌باشد.

۵- نتیجه گیری

مطالعاتی بر روی نتایج تضمین کیفیت ۱۲ پروژه اجرا شده و ۲۱

طرح اختلاط مارشال نشان داد:

- دقت آزمایشات طرح اختلاط در مواردی پایین بوده و در تعیین نوع ترافیک طرح، نمونه‌گیری از مصالح سنگی، روش تعیین درصد قیر بهینه، زمان استفاده از طرح اختلاط و تغییرات احتمالی طرح با توجه به روا دارای‌های قیر توجه کافی صورت نگرفته است. با در نظر گرفتن اهمیت طرح اختلاط در کنترل و تضمین کیفیت و پرداخت به پیمانکار، موضوع از اهمیت ویژه‌ای برای هر سه عامل اجرا (کارفرما، مشاور و پیمانکار) برخوردار است که به آن توجه نشده است.
- دقت آزمایشات مارشال با توجه به عدم کالیبراسیون چکش‌ها و عوامل دیگر بالا نبوده و مواردی از اشتباهات محاسباتی در نتایج هم مشاهده گردید.
- به طور کلی برنامه‌ای برای کنترل کیفیت، پذیرش و تضمین کیفیت در روند تولید و اجرا وجود نداشته که می‌تواند علت اصلی برای عدم انطباق نتایج آماری آزمایشات دانه‌بندی، درصد قیر و مارشال طرح اختلاط با آسفالت تولیدی باشد. نبود ضابطه مشخص برای ضریب پرداخت توسط سازمان برنامه و بودجه می‌تواند در عدم رغبت پیمانکاران برای رعایت کنترل کیفیت، مؤثر باشد. مقایسه داده‌های آماری نمونه نشان می‌دهد تغییرات اساسی در مقررات پرداخت باید ایجاد شود و ضابطه فعلی کسر بهاء توسط راه و شهرسازی و دستگاه‌های نظیر نمی‌تواند در این مورد کافی باشد.

جدول ۳. نتایج ضرایب پرداخت مرکب برای پروژه‌های مختلف

پروژه	T1	B1	T2	B2	T3	B3	T4	B4	T5	B5	T6	B6
ضریب پرداخت مرکب	۰/۷۷	۰/۸۱	۰/۷۸	۰/۸۰	۰/۷۹	۰/۸۰	۰/۷۸	۰/۸۱	۰/۸۶	۰/۸۴	۰/۸۴	۰/۷۹

ضریب پرداخت انتخابی را مشخص کند و یا بیانگر این باشد که استفاده از نتایج تضمین کیفیت (QA) برای پذیرش و پرداخت به پیمانکار، بدون توجه به کنترل کیفیت (QC)، نمی تواند به عنوان راهکاری اساسی برای افزایش کیفیت روسازی های آسفالتی و منظور نمودن هزینه ها بر اساس چرخه عمر باشد.

• بررسی تعدادی از ضرایب پرداخت مورد استفاده در مناطق مختلف کشورهای دیگر برای پروژه های تحقیق نشان می دهد، پس از استفاده از این روابط، برخی از این پروژه ها علی رغم وجود درصد کمتر پارامترهای مارشال داخل مشخصات از ضریب پرداخت بالاتری برخوردار شده اند که این موضوع قابل تأمل بوده و ضمن توجه به مباحث و دلایل عدم انطباق مطروحه در این تحقیق، می تواند ناکارایی

۶-مراجع

-Denneman, E., (2007), "HMA Permanent Deformation Study Preliminary Results", Prepared for the for the Gautrans Technology Development Symposium 24 May.

-Mang, T., (2005), "Fundamentals and Practice of Asphalt Mixture Design Procedures to Assure Adequate Performance", Conference on Pavement Engineering, Taiwan.

-NCHRP, R., (2001), "Testing and Inspection Levels for Hot-Mix Asphaltic Concrete Overlays", Transportation Research Board, Washington ,DC.

-Radha, A., Nii, A.O., (2006), "Quality Control and Quality Assurance of Hot Mix Asphalt Construction in Delware", University of Delaware.

-Strezs, A., Alksnis, M. (2004), "Comparative Testing Compaction of Laboratory Equipment and Abilities Organized by The Latvian Road Administration", Netherlands.

- جمشیدی، م. ر. و ولی نژاد، ح.، (۱۳۹۶)، "مخلوط های آسفالت، طراحی با روش های آسفالت ممتاز"، تهران، طراح. -حمیدی جو، ر. (۱۳۹۶)، "کارگاه آسفالت"، تهران، سنجش و دانش.

-خرازی، ا. م. و ولی نژاد، ح.، (۱۳۹۳)، "آسفالت ترجمه کامل کتاب MS-4 از مؤسسه آسفالت آمریکا"، تهران، طراح.

- معاونت امور فنی، دفتر امور فنی و تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله، (۱۳۸۲)، "مشخصات فنی عمومی راه"، نشریه ۱۰۱، تجدید نظر اول، سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، تهران، ایران.

-Brown, D.C., (2006), "The Asphalt QC Challenge –States Wrestle with Tests-for-Pay Issue", Public Works Magazine.