

طراحی روسازی های صلب و انعطاف پذیر راه و فرودگاه با استفاده از نرم افزار مهندسی ارتش ایالات متحده آمریکا

غلامعلی شفا بخش¹، مهدی پورروح الامین²، احسان کاشی³

1- استادیار و عضو هیئت علمی دانشگاه سمنان

2- دانشجوی کارشناسی ارشد راه و ترابری دانشگاه سمنان

mahdipn@gmail.com

خلاصه

یکی از نرم افزار های مهم جهت طراحی روسازی های صلب و انعطاف پذیر راه و فرودگاه که توسط انجمن مهندسی ارتش ایالات متحده آمریکا ارائه شده، نرم افزار PCASE می باشد. هدف از این مقاله علاوه بر معرفی جدیدترین نسخه از این نرم افزار (نسخه 2,08 که در سال 2005 ارائه شده است)، ایجاد درک کافی از قابلیت های این نرم افزار کاربردی در طراحی روسازی های صلب و انعطاف پذیر راه و فرودگاه با استفاده از روش های تجربی CBR، معیار K و نیز تئوری لایه های ارتجاعی LED همراه با ارائه مثال کاربردی می باشد.

کلمات کلیدی: روسازی انعطاف پذیر، روسازی صلب، نرم افزار، PCASE

مقدمه

تاکنون نرم افزارهای بسیاری جهت تحلیل و طراحی روسازی های صلب و انعطاف پذیر راه و فرودگاه توسعه یافته است. بعضی از این نرم افزارها تنها قابلیت تحلیل روسازی را دارند و به کمک آنها نمی توان روسازی را طراحی کرد. بعضی دیگر علاوه بر امکان تحلیل، امکاناتی را نیز برای طراحی لایه های روسازی فراهم آورده اند. اما برخی دیگر نیز تنها قابلیت طراحی را دارند. از جمله این نرم افزارها می توان به نرم افزاری که توسط انجمن مهندسی ارتش ایالات متحده آمریکا و با نام PCASE ارائه شده است، اشاره کرد. هدف از این مقاله معرفی جدیدترین نسخه از این نرم افزار یعنی نسخه 2,08 که در سال 2005 در اختیار همگان قرار گرفته به همراه ارائه مثال کاربردی می باشد. این نرم افزار قابلیت طراحی روسازی انعطاف پذیر و صلب راه و فرودگاه را با روش های تجربی نظیر CBR و روش تحلیلی لایه های ارتجاعی دارد. به علاوه امکاناتی را جهت ارزیابی روسازی فراهم کرده که در چارچوب اهداف این مقاله نمی گنجد.

معرفی نرم افزار

عبارت PCASE مخفف عبارت Pavement-Transportation Computer Assisted Structural Engineering می باشد. این نرم افزار توسط انجمن مهندسی ارتش ایالات متحده آمریکا (US Army Corps of Engineers) تهیه شده و نسخه 2,08 این نرم افزار که در واقع جدیدترین نسخه آن می باشد، در سال 2005 برای استفاده عمومی در اختیار همگان قرار گرفته است. نرم افزار PCASE توانایی طراحی و ارزیابی روسازی های انعطاف پذیر و صلب راه و فرودگاه را بر مبنای روش های تجربی CBR و K و روش تحلیلی LED (Layered Elastic Design) دارد. این نرم افزار تمام معیارها و ضوابط طراحی و ارزیابی راه و فرودگاه را در یک مجموعه گردآوری کرده است. امکانات آن به شرح زیر است [1]:

1- طراحی و ارزیابی روسازی راه:

- روسازی انعطاف پذیر

- روسازی صلب

¹ استادیار دانشگاه سمنان

² دانشجوی کارشناسی ارشد راه و ترابری دانشگاه سمنان

³ دانشجوی کارشناسی ارشد راه و ترابری دانشگاه سمنان

2- طراحی و ارزیابی روسازی فرودگاه:

- روسازی انعطاف پذیر
- روسازی صلب
- سطوح روسازی نشده
- 3- امکانات دیگر شامل:

- Design Curve Generator
- Decision Tree Module
- Aircraft Classification Numbers (ACN)
- Vehicle Editor

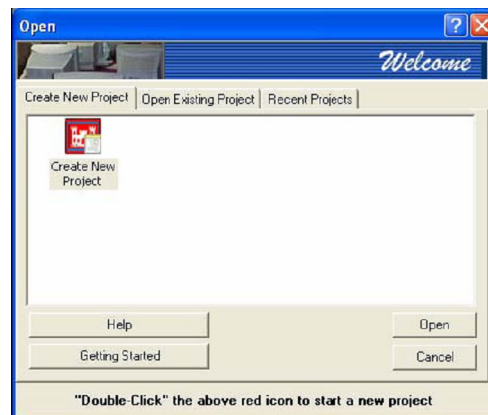
محاسبات این نرم افزار بر مبنای آئین نامه های UFC زیر در طراحی و ارزیابی روسازی صورت می گیرد [2]. این آئین نامه ها در جدول 1 دیده می شوند.

جدول 1 – آئین نامه های مورد استفاده در نرم افزار

آئین نامه جدید	آئین نامه قدیم			معیار
	نیروی دریایی	نیروی هوایی	نیروی زمینی	
UFC 3-260-02	NAVFAC DM 21-10	AFJMAN32-1014	EI02C014	طراحی روسازی
UFC 3-260-03	NAVFAC DM 21,7	AFM 88-24 Ch. ۱,۲,۳,۴,۵,۸ AFM 88-۷,۸ AFJMAN32-1036	TM 5-826- ۱,۲,۳,۴,۵,۶,۸	ارزیابی روسازی

آغاز کار

هنگامی که کاربر برنامه را باز می کند، پنجره Welcome to PCASE بر روی صفحه نمایش داده خواهد شد. در این پنجره، سه سر برگ با نام های Create New Project یا ایجاد یک پروژه جدید، Open Existing Project یا باز کردن پروژه موجود و Recent Projects یا پروژه های اخیر که اخیراً مورد استفاده قرار گرفته اند، دیده می شود. پنجره آغازین این برنامه در شکل 1 دیده می شود.

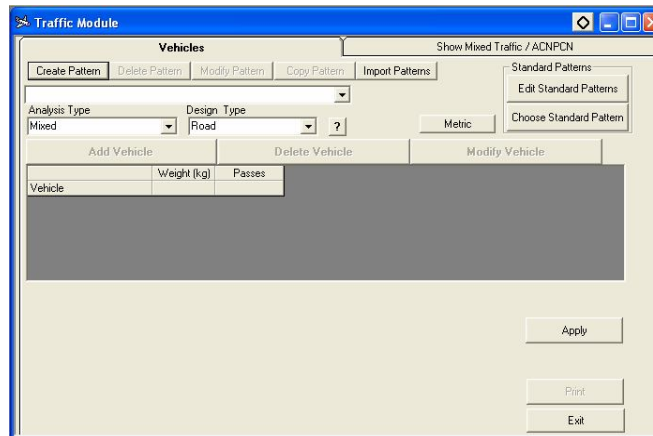


شکل 1 – پنجره آغازین برنامه

برای ایجاد یک پروژه جدید می توان از سر برگ Create New Project از شمایل Create New Project استفاده کرد. پس از این کار پنجره ای باز خواهد شد که در این پنجره باید یک نام برای این پروژه انتخاب شود. با ایجاد یک پروژه جدید، یک پایگاه داده (Database) ایجاد خواهد شد که آماده ورود اطلاعات می باشد. برای باز کردن یک پروژه موجود می توان از گزینه Open Existing Project استفاده کرد. برای باز کردن فایل یا فایلی که اخیراً مورد استفاده قرار گرفته اند نیز می توان از گزینه Recent Projects استفاده کرده و از لیست موجود فایل مورد نظر را انتخاب کرده و اجرا کرد.

ایجاد یک الگوی ترافیکی

تمام طراحی های روسازی، بر مبنای مجموعه ای از الگوهای ترافیکی بنا شده اند. قبل از شروع طراحی روسازی، کاربر باید الگوی ترافیکی را برای طراحی تعریف کند. مدل ترافیکی به کاربر امکان ایجاد یک الگوی ترافیکی را می دهد تا برای طراحی و ارزیابی روسازی راه و فرودگاه از آن استفاده کند. برای ایجاد یک مدل ترافیکی می توان از Traffic در نوار ابزار استفاده کرد. با انتخاب این گزینه، پنجره ای مانند شکل 2 باز خواهد شد:

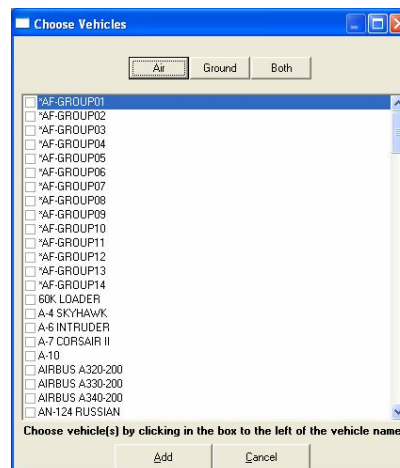


شکل 2 – تعریف الگوی ترافیکی

با انتخاب گزینه Create Pattern و پر کردن موارد خواسته شده می توان الگوی ترافیکی را تعریف کرد:

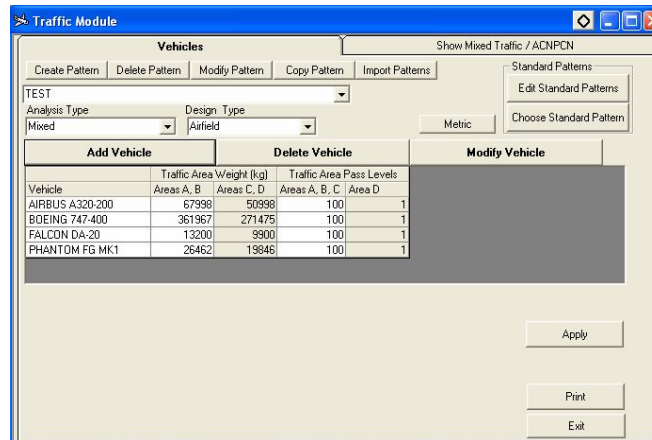
- **Pattern Name:** این قسمت که توسط کاربر تعریف می شود، در بر گیرنده اسم الگوی ترافیکی می باشد. این اسم باید به گونه ای انتخاب شود که در به خاطر آوردن نوع الگوی ترافیکی به کاربر کمک کند.
- **Design Type:** در این فیلد دو انتخاب Airfield یا فرودگاه و Road یا راه وجود دارد.
- **Passes entered for entire design life:** این گزینه که معمولاً به حالت پیش فرض باقی می ماند، به نرم افزار می گوید که تعداد عبور هایی که کاربر وارد می کند برای تمام عمر مفید 20 ساله روسازی است. اگر گزینه Number of Design Periods انتخاب شود، کاربر باید عدد مربوط به عمر مفید روسازی را وارد کند. دقت شود که این گزینه فقط برای طراحی به روش LED کاربرد دارد.

پس از تعریف اولیه الگوی ترافیکی، باید وسایل نقلیه مورد نظر در طراحی به این الگو اضافه شوند. برای این کار می بایست از گزینه Add Vehicle در پنجره اصلی Traffic Module استفاده کرد. اگر نوع الگوی ترافیکی انتخابی Road باشد، لیستی از وسایل نقلیه استاندارد دیده می شود. و اگر الگوی ترافیکی انتخابی Airfield باشد لیستی از وسایل هوایی نیز دیده خواهد شد. لیستی از این وسایل در شکل 3 دیده می شود:



شکل 3 – تخصیص وسیله نقلیه به الگوی ترافیکی

تغییر بار و تعداد عبور و مرور برای الگوی ترافیکی روسازی راه و فرودگاه هنگامی که یک وسیله نقلیه یا گروهی از وسایل نقلیه به الگوی ترافیکی اضافه شد، کاربر به صفحه اصلی باز می گردد جایی که می تواند وسایلی را که وارد لیست کرده (و در حقیقت بخشی از الگوی ترافیکی شده اند)، ویرایش کند. در جلوی این وسایل دو ستون دیده می شود. ستون مربوط به وزن وسیله **Weight** و ستون مربوط به دفعات عبور **Passes** که این ستون به صورت پیش فرض دارای مقدار 100 می باشد. نمونه این پنجره ها در شکل 4 دیده می شود.



شکل 4 - تغییر بار و تعداد عبور و مرور برای یک الگوی ترافیکی

- **Weight:** برای یک الگوی ترافیکی، وزن کامل وسایل نقلیه انتخاب شده در ستون دوم که با برچسب **Weight** مشخص شده، نمایش داده می شود. کاربر می تواند مقدار این ستون را به دلخواه خود به مقدار دقیق وزن وسیله نقلیه و یا مقداری که در طراحی و یا ارزیابی از این وسیله انتظار دارد، تغییر دهد.
- **Passes:** در این ستون، کاربر تعداد دفعات عبوری که از وسیله نقلیه مشخص انتظار دارد تا در طول دوره طراحی یا ارزیابی از راه عبور کند را وارد می کند.

- جریان ترافیکی مختلط¹ در مقابل جریان ترافیکی مستقل²
- به کمک گزینه **Analysis Type** در صفحه اصلی **Traffic Module** کاربر می تواند انتخاب کند که چگونه می خواهد از الگوی ترافیکی تعریف کرده خود در طراحی و یا ارزیابی استفاده کند. گزینه های موجود در این منوی کرکره ای به صورت زیر می باشند:
- **Mixed:** با انتخاب این گزینه، برنامه کلیه وسایل نقلیه تعریف شده در لیست را در نظر گرفته و وسیله نقلیه ای را که کنترل کننده سیستم طراحی و ارزیابی می باشد (وسيله ای که بیشترین تاثیر را می گذارد) تعیین کرده و در طراحی و ارزیابی از این وسیله نقلیه استفاده می کند. روسازی هایی که با روش های طراحی تجربی نظیر روش **CBR** طراحی می شوند باید دارای الگوی ترافیکی مختلط باشند [3].
 - **Individual:** این نوع الگوی ترافیکی فقط برای طراحی و یا ارزیابی با روش **LED** باید استفاده شود. در این الگوی ترافیکی، جریان ترافیک برای هر وسیله نقلیه موجود در الگو تحلیل خواهد شد [3].
 - **Cumulative Group or Cumulative Mixed:** این دو نوع الگوی ترافیکی فقط باید در ارزیابی های نظامی مورد توجه قرار گیرند.

استفاده از الگوهای ترافیکی از پیش تعریف شده علاوه بر تعریف الگوی ترافیکی به صورت دستی، کاربر می تواند از یک سری الگوهای ترافیکی پیش فرض مانند **Air Force Medium** و یا **Army Class IV** ... استفاده کند. برای این کار از صفحه اصلی **Traffic Module** باید گزینه **Choose Standard Patterns** انتخاب شود.

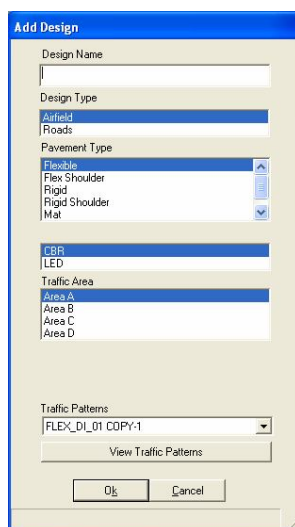
¹ Mixed

² Individual

با انتخاب این گزینه کاربر لیستی از الگوهای ترافیکی از پیش تعریف شده را می بیند که می تواند یکی از آنها را انتخاب کند. با این کار یک کپی از این الگوی ترافیکی استاندارد در داخل پروژه جاری کاربر ایجاد می شود. باید توجه داشت که هر تغییری که کاربر پس از انتخاب الگوی مورد نظر بر روی آن ایجاد می کند، هیچ تغییری در اصل الگوی موجود در Database برنامه ایجاد نمی کند.

آغاز طراحی

اکنون که کاربر الگوی ترافیکی را ایجاد کرده است، برنامه آماده طراحی روسازی می باشد. برای شروع طراحی باید از گزینه Design استفاده کرد. برای آغاز طراحی بر از دکمه Add از کادر Design Module استفاده کرد تا پنجره مربوطه باز شود. نمونه این پنجره در شکل 5 دیده می شود.



شکل 5 – تعریف پارامترهای طراحی

گزینه های موجود در این کادر به قرار زیرند:

- Design Name: این گزینه که به دلخواه توسط کاربر انتخاب می شود بیان کننده نوع طراحی است که کاربر در حال ایجاد آن است. برای مثال اگر کاربر در حال طراحی یک روسازی راه با روش LED است می تواند از نام "Road LED" استفاده کند.
- Design Type: در این قسمت نوع طراحی برای راه Road و یا فرودگاه Airfield تعیین می شود.
- Pavement Type: در این قسمت نوع معیار طراحی شامل انعطاف پذیر، صلب، شانه راه و ... تعیین می شود.
- Analysis Type: گزینه های موجود در این بخش را می توان در جدول 2 خلاصه کرد:

جدول 2 – روش های مورد استفاده در طراحی روسازی توسط نرم افزار PCASE

روسازی راه					نوع طراحی
انعطاف پذیر	صلب	Mat	روسازی نشده	CBR	نوع روسازی
CBR , LED	K , LED	CBR	CBR		نوع تحلیل
روسازی فرودگاه					نوع طراحی
انعطاف پذیر	شانه انعطاف پذیر	صلب	شانه صلب	Mat	روسازی نشده
CBR , LED	CBR	K , LED	K	CBR	CBR
					نوع تحلیل

- Traffic Area: چنانچه نوع طراحی فرودگاه انتخاب شده باشد، این گزینه فعال خواهد بود. با کمک این گزینه می توان سطح ترافیک مورد نظر را انتخاب کرد.
- Road Type: چنانچه نوع طراحی راه انتخاب شده باشد، می توان توسط این گزینه، نوع راه شامل جاده، خیابان و یا محوطه پارکینگ را انتخاب کرد.

- **Terrain Type**: برای طراحی راه، نوع منطقه ای را که راه از آن عبور می کند می توان در این قسمت مشخص کرد. این مناطق شامل Flat یا هموار، Rolling یا تپه ماهور و Mountainous یا کوهستانی می باشد.
- **Traffic Pattern**: در این قسمت لیستی از الگوهای ترافیکی تعریف شده توسط کاربر دیده می شود که کاربر می تواند یکی از الگوهای مورد نظر خود را انتخاب کند.

طراحی روسازی انعطاف پذیر بر مبنای روش CBR

اگر کاربر قصد طراحی روسازی با روش تجربی CBR را دارد آنگاه یک سری از پنجره ها را خواهد دید که به کاربر اجازه می دهد تا ساختار لایه پیش فرض را تعریف کند. توضیح هر کدام از داده های ورودی در ادامه آمده است:

- **Analysis**: در بیشتر مواقع کاربر باید این قسمت را به صورت پیش فرض بر روی گزینه Compute قرار دهد. با انتخاب این گزینه، برنامه ضخامت لایه مورد نظر را محاسبه خواهد کرد. اگر کاربر بخواهد مقدار ضخامت یک لایه را به صورت پیش فرض داده و مقدار دقیق این ضخامت را نسبت به بقیه لایه ها تعیین کند، از گزینه Manual استفاده می کند.
- **CBR**: ضریب باربری کالیفرنیا که بیانگر مقدار استقامت لایه مورد نظر است.
- **Drainage**: بسته به موقعیتی که راه در آن قرار دارد می توان یک لایه زهکش در میان ساختار روسازی راه قرار داد. اگر نیازی به وجود لایه زهکش نیست، آنگاه روی دکمه Not Required کلیک کنید. در این حالت نرم افزار از لایه زهکش صرف نظر می کند. چنانچه نیاز به این لایه احساس می شود می توان بر روی دکمه Required کلیک کرد. با اینکار دکمه ای با برچسب Compute Drainage Layer ظاهر می گردد. ضخامت لایه زهکش را هم با اطلاعات ورودی و به کمک برنامه می توان محاسبه کرد و هم می توان مقدار این ضخامت را به صورت دستی وارد کرد. مقدار CBR این لایه نیز همانند لایه های دیگر باید وارد شود.
- پارامترهای مورد استفاده در محاسبه ضخامت لایه زهکش به کمک برنامه عبارتند از [4]:
- شاخص بارش منطقه ای که با توجه به نوع منطقه، مقدار حجم بارش سالیانه در سال طراحی و مقدار حداکثر بارش روزانه در طی سال های عمر روسازی تعیین می شود. البته می توان با انتخاب کشور مورد نظر و سپس شهر مورد نظر به کلیه این اطلاعات دسترسی پیدا کرد.
- طول مسیر زهکش (بر حسب فوت)
- قابلیت نفوذ پذیری مواد زهکش (بر حسب فوت)
- تخلخل موثر که با توجه به جدول 3 تعیین می شود:

جدول 3 - نحوه تعیین پارامتر تخلخل موثر با توجه به نوع مصالح لایه زهکش

پارامتر تخلخل موثر	نوع مواد لایه زهکش
0,15	شن و ماسه با دانه بندی غیر یکنواخت
0,25	ماسه با دانه بندی یکنواخت متوسط تا درشت
0,30	مصالح دانه ای با دانه بندی یکنواخت

- شیب مسیر زهکش (بر حسب درصد)
 - ضریب نفوذ پذیری
 - طول شیب معکوس لایه زهکش (بر حسب فوت)
 - شیب معکوس لایه زهکش (بر حسب درصد)
 - شیب طولی لایه زهکش (بر حسب درصد)
 - زمان مورد نیاز برای 85% زهکشی بر حسب روز که تابعی از ضخامت لایه زهکش نمی باشد
- باید توجه شود که این مراحل در حقیقت مراحل گام به گام ورود اطلاعات پایه توسط کاربر به برنامه برای طراحی یک سیستم روسازی می باشد. این اطلاعات برای لایه های مختلف نظیر Base و Asphalt و Drainage و Natural Subgrade دریافت می شود. چنانچه نیاز به اضافه کردن لایه هایی دیگر به سیستم روسازی می باشد، می توان از گزینه Add واقع در زیر پنجره طراحی استفاده کرد.

طراحی روسازی صلب بر مبنای معیار K

اگر کاربر قصد ایجاد یک روسازی صلب با معیار K (تجربی) را دارد، آنگاه یک سری از پنجره ها دیده خواهد شد که به کاربر امکان می دهد تا ساختار پیش فرض روسازی صلب را ایجاد کند.

- **Flexural Strength**: در این قسمت باید مقاومت خمشی بتن مورد نظر بر حسب Mpa و یا psi وارد شود.

- **Percent Steel**: اگر قرار است از بتن مسلح استفاده شود کاربر باید درصد فولاد مورد نیاز برای مسلح کردن بتن را وارد کند.
- **Joint Load Transfer %**: برای طراحی، به طور متعارف، تقریباً 25% بار وارد شده به دال های بتنی باید توسط اتصالات به دیگر دال ها منتقل شود. مقدار حقیقی این انتقال بار به عوامل مختلفی نظیر نوع اتصال، کیفیت سازه، مقاومت دال، تعداد تکرر بارگذاری، شرایط دمایی و ... بستگی دارد. معمولاً برای این مقدار عدد 25 در نظر گرفته می شود. اگر مقدار بار انتقال یافته در دال ها کافی تشخیص داده نشد، روسازی بتنی باید به عنوان روسازی بدون انتقال بار طراحی شود که به کاربر این امکان را می دهد تا بار انتقال یافته را به صورت دستی وارد کند و یا بار خالصی را که در طراحی به کار می رود به اندازه 1/3 افزایش داده و اثر انتقال بار را حذف کند [5].
- **Modulus**: ضریب الاستیسیته بتن که معمولاً 27575 Mpa برابر $(4 \times 10^6 \text{ psi})$ در نظر گرفته می شود.
- **Poisson's Ratio**: ضریب پواسون بتن مصرفی.
- **Drainage**: همانند حالت قبل تعریف می شود.

طراحی روسازی انعطاف پذیر بر مبنای روش LED

تفاوت اصلی در طراحی به روش تجربی و سیستم چند لایه ای ارتجاعی، در استفاده از مقدار ضریب برای مقاومت لایه ها به جای مقدار CBR است [6]. هنگامی که برنامه، کاربر را گام به گام در طراحی سیستم روسازی به روش LED پیش می برد، به عنوان یک معیار برای مقاومت لایه ها، مقدار ضریب هر لایه را از کاربر می خواهد.

فیلد های **Modulus**، **Drainage**، **Analysis** و **Poisson's Ratio** همانند گذشته تعریف می شوند.

- **Thickness**: اگر کاربر بخواهد مقدار ضخامت لایه ای را به صورت دستی وارد کند، از این گزینه استفاده می کند. همچنین این مقدار می تواند توسط خود برنامه محاسبه شود نظیر ضخامت لایه زهکش که برنامه با گرفتن داده های ورودی از کاربر می تواند مقدار این ضخامت را محاسبه کند.

این مراحل برای تمام لایه ها شامل **Asphalt** و **Base** و **Drainage** و **Natural Subgrade** تکمیل می شود.

طراحی روسازی صلب بر مبنای روش LED

اگر کاربر قصد طراحی یک سیستم روسازی صلب با روش LED را دارد یک سری از پنجره ها در مقابل کاربر قرار می گیرد که کاربر باید کلیه اطلاعات مورد نیاز را در این پنجره ها وارد کند. این داده ها به شرح زیر هستند:

Analysis، **Drainage**، **Flexural Strength**، **Joint Load Transfer %**، **Modulus**، **Poisson's Ratio** و **Thickness** که قبلاً تعریف شده اند و کاربر باید همانند قبل این پارامترها را جهت طراحی تعیین کند.

مثال

در این مرحله قصد داریم تا به عنوان نمونه به طراحی روسازی آسفالتی یک فرودگاه بر اساس تئوری لایه های ارتجاعی با مشخصات زیر بپردازیم. مشخصات ترافیکی فرودگاه مورد نظر به ترتیب جدول 4 می باشد:

جدول 4 - مشخصات ترافیکی فرودگاه نمونه

نوع هواپیما	تعداد عبور
C-17	۵،۵۰۰
C-130H	۱۰،۵۰۰
F-15E	۲۹،۰۰۰

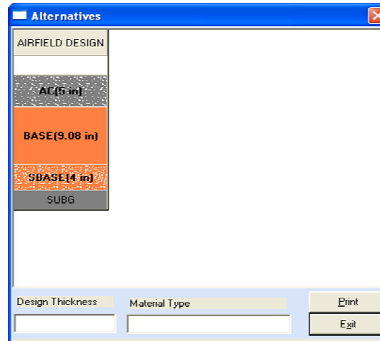
مشخصات لایه ها نیز مطابق جدول 5 تعریف شده است:

جدول 5 - مشخصات لایه های روسازی به کار رفته در فرودگاه نمونه

ضخامت in	ضریب پواسون	ضریب ارتجاعی psi	لایه
محاسبه	0,35	350000	رویه آسفالتی
محاسبه	0,35	60000	اساس
4	0,35	30000	زیر اساس
محاسبه	0,4	20000	بستر

مراحل گام به گام طراحی مطابق زیر است:

1. ایجاد یک پایگاه داده ها با نام مشخص
 2. تعیین نام، نوع طراحی (راه یا فرودگاه)، روش طراحی و نحوه اعمال تعداد عبور و مرور در الگوی ترافیکی
 3. تخصیص وسیله نقلیه به الگوی ترافیکی و تعیین تعداد عبور هر محور
 4. تعیین مشخصات کلی طراحی نظیر نام طراحی، نوع طراحی، نوع روسازی و تخصیص الگوی ترافیکی به روسازی مورد نظر
 5. وارد کردن مشخصات هر لایه به صورت جداگانه
 6. افزودن لایه های اضافی نظیر زیر اساس، ژئوتکستایل و... در صورت نیاز
 7. محاسبه ضخامت لایه ها و در صورت نیاز اصلاح این ضخامت ها و تکرار پروسه طراحی
- با انجام این مراحل برای روسازی فرودگاه مورد نظر، به عنوان ضخامت لایه ها به مقادیر زیر می رسیم:



شکل 6 - تصویر شماتیک ضخامت لایه های روسازی فرودگاه نمونه

مراجع

1. Walker Robert S. and Adolf Mary J. (2005) *PCASE User Manual*, Geotechnical and Structures Laboratory
2. Unified Facilities Criteria (UFC) Manuals
3. General Provisions And Geometric Design For Roads, Streets, Walks, And Open Storage Areas, UFC 3-230-18FA, July 1987
4. Subsurface Drainage for Pavements, EI-02C202, October 1995
5. Pavement Design For Roads, Streets, Walks, And Open Storage Areas, UFC 3-250-01, June 1992
6. Pavement Design For Roads, Streets, And Open Storage Areas, Elastic Layered Method, UFC 3-250-10, October 1994