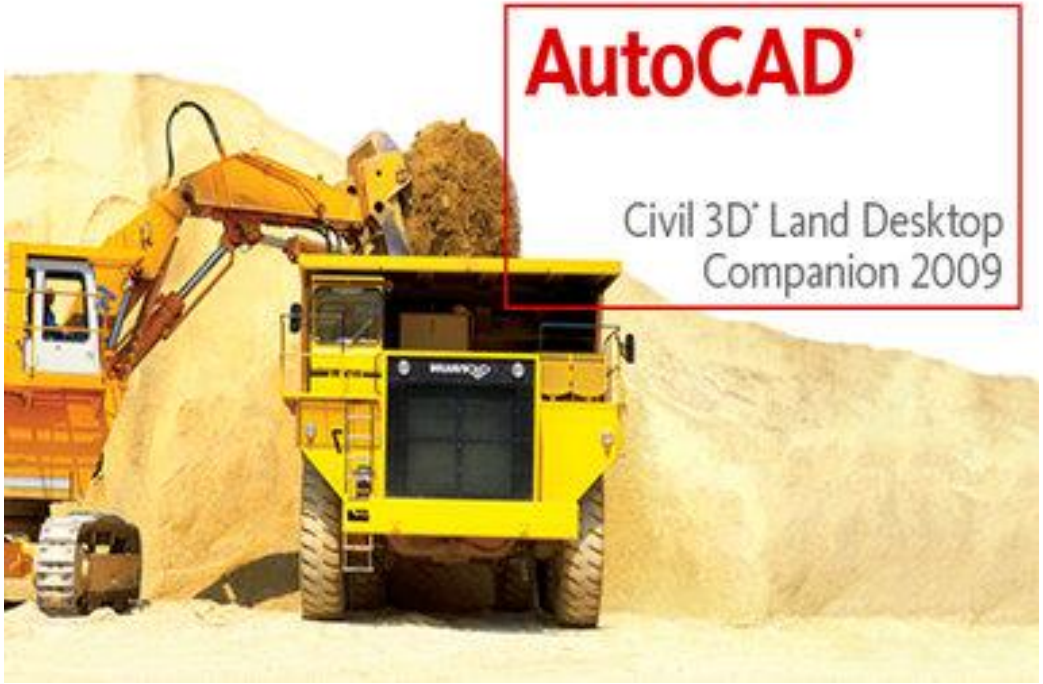
بنام خدا

آموزش AutoCAD Civil 3D Land Desktop



مهندس بابک فرهمندشاد

babakfun@gmail.com

۰۹۱۲۶۳۰۱۹۵۴

اطلاعات کلی در مورد نرم افزار معروف و بسیار قدرتمند Land Desktop

- نام نرم افزار Autodesk land desktop را بارها شنیده اید. در واقع این نرم افزار اختصاصی شده نرم افزار اتوکد بر پایه کامپوننت های AutoCAD Map 3D است . با استفاده از این نرم افزار میتوان کلیه پروژه های زمینی را ایجاد ، کنترل و آنالیز نمود و خروجی های مختلفی از آن گرفت.
- محیط این نرم افزار همان محیط آشنای اتوکد است به همراه دستورات و منوهای جدید اختصاصی شده، راهنمای کامل نرم افزار به همراه Tutorial که همراه نرم افزار است استفاده از قابلیت های جدید نرم افزار را برای کاربران به سهولت فراهم نموده است. ضمن اینکه بر روی ویندوز ویستا هم بدون مشکل کار میکند.

- به جرات می توان گفت که نرم افزار Autodesk Land Desktop از پیشرفته ترین , قدرتمندترین , راحت ترین و البته پر حجم ترین نرم افزارهای نقشه برداری موجود در جهان است که هر ساله توسط شرکت اتودسک Autodesk آمریکا تولید و عرضه می شود.
- لازم به ذکر است که این نرم افزار به علت اینکه از جامع ترین و کاملترین نرم افزارهای نقشه برداری به حساب می آید دارای کاربردهای فراوانی (نسبت به نرم افزارهایی نظیر SDR MAP , SURFER) می باشد، پروژه هایی که در این نرم افزار وجود دارند عبارتند از:
- ۱- بانک اطلاعات پروژه (پروژه ها)
- ۲- ترسیم (Drawing)

- شما می توانید برای هر عملیات نقشه برداری در این نرم افزار یک پروژه تولید کنید و تنظیمات واحدها , مقیاس ها ,سبک متن , حاشیه و... را بر روی پروژه خود انجام دهید.اطلاعات نقاط برداشتی را در بانک اطلاعات پروژه خود ذخیره سازید و محتویات بانک را نیز در ترسیم مشاهده کنید و سپس انواع عملیات زیر را بر روی اطلاعات خام خود انجام دهید:

- ویرایش نقاط
- ورود و خروج نقاط
- دسته بندی و گروه بندی نقاط
- فیلتر کردن نقاط
- تولید نقاط
- گزارش گیری از نقاط
- ترسیم خطوط , منحنی ها و قوس های اتصال
- تولید مسیرها از خطوط , منحنی ها و قوس های اتصال
- برچسب زنی مسیرها
- گزارش گیری از نقاط روی مسیرها برای پیاده کردن آنها
- تولید قطعه زمین از خطوط ,منحنیها و نقاط
- محاسبه مساحت و محیط قطعات زمین
- دستورات پیشرفته تفکیک قطعه زمین
- تولید سطح از نقاط توپوگرافی
- تولید منحنی میزان
- ویرایش منحنی میزان ها به صورت پیشرفته
- نمایش سطوح به روش رنگبندی ارتفاعی
- محاسبات شیب های سطوح به صورت پیشرفته
- تولید مقاطع از سطوح
- ترسیم مقاطع در محیط ترسیم
- محاسبات انجام عملیات خاکی با سه متد مختلف
- گزارش گیری از احجام محاسبه شده

- تولید برچسب در دو نوع ایستا و پویا برای تمام اشیا موجود در ترسیم
- گزارش گیری پیشرفته از تمام اشیاء
- نمایش سطح منحنی میزان زده شده در محیط سه بعدی اتوکد
- تولید و ترسیم پروفیل طولی یک مسیر روی سطح
- طراحی نقاط پروژه طولی روی پروفیل طولی
- برچسب زدن , گزارش گیری و ترسیم پروفیلها و خط پروژه های طولی
- تولید و ترسیم پروفیلهای عرضی
- طراحی شیب شیروانی مسیر
- ترسیم الگوهای عرضی
- ترسیم جنس لایه های الگوی عرضی
- نمایش و ویرایش مقاطع عرضی تولید شده
- محاسبه احجام عملیات خاکی برای مقاطع مسیر
- ترسیم منحنی بروکنر
- موازنه انجام عملیات خاکی با تغییر در خط پروژه طولی
- محاسبه حجمها برای سطوح مختلف راه
- طراحی و اعمال دور (شیب عرضی) مسیرها
- محاسبات تبدیل الگوهای عرضی راه به یکدیگر
- نمایش اطلاعات مقاطع عرضی در کیلومتراژهای مختلف
- تولید خروجی های پیشرفته از مختصات نقاط مختلف مقاطع عرضی برای پیاده کردن مختصاتی توسط توتال استیشن ها
- پلات گیری از مقاطع عرضی
- ساخت و طراحی سطوح شیب دار
- طراحی ابعاد و اندازه های سازه آبی مورد استفاده در پروژه های راه سازی ,آبرسانی , زه کشی و... نظیر کانال , کالورت , لوله کشی ثقلی و تحت فشار با مقاطع مختلف , ترسیم هیدروگراف و ...

سیستم مورد نیاز برای این نرم افزار:
Recommended System Requirements

- * Intel® Pentium® 4, 3 GHz or greater
- * 2 GB free disk space
- * 1 GB RAM
- * 1280x1024 32-bit color (True Color), 128 MB or greater, OpenGL®-capable workstation class graphics card or DirectX® 9 support
- * Microsoft® Internet Explorer® 6.0 SP1 or later, Internet Explorer 7
- * CD-ROM drive
- * MS Mouse compliant

- Platform System Requirement

- * Windows® 2000 SP4
- * Windows XP for Tablet PC SP2
- * Windows XP Home and Professional SP2
- * Windows VISTA (all 32-bit versions of Windows Vista Enterprise, Windows Vista Business, Windows Vista Ultimate, Windows Vista™ Home Premium, and Windows Vista Home Basic)
- اطلاعات بیشتر از این نرم افزار از سایت اتودسک:
- http://usa.autodesk.com/adsk/servlet/index?siteID=123112&id=3091031

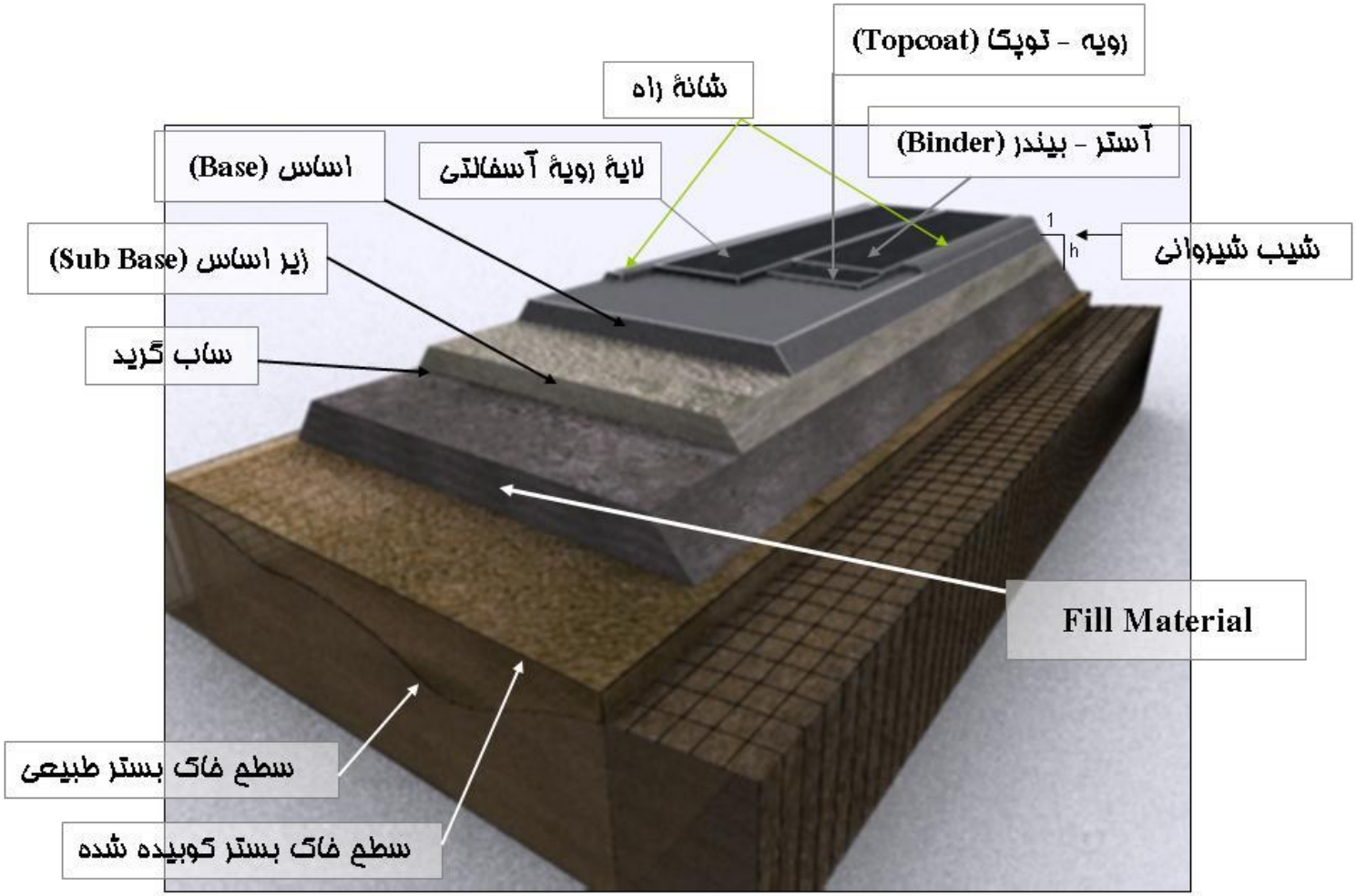
منابع و مراجع:

- Autodesk Land Desktop Help , User’s Guide & Tutorials
- Moving from Land Desktop to Civil 3D
- Mastering AutoCAD Civil 3D 2010
- راهسازی(طرح هندسی راه) دکتر حمید بهبهانی
- طرح هندسی راه مهندس گرشاسب نریمانی
- مسائل طرح هندسی و *نقشه* برداری مسیر مهندس علیرضا غنی زاده – مهندس ابراهیم سنگ سفیدی
- آئین نامه طرح هندسی راه ها نشریه شماره ۱۶۱
- مشخصات فنی عمومی راه نشریه شماره ۱۰۱
- آئین نامه روسازی آسفالتی راه های ایران نشریه شماره ۲۳۴
- آئین نامه ایمنی راه ها (ایمنی راه و حریم) نشریه شماره ۱-۲۶۷
- مجموعه نقشه های تیپ اجرایی آب روها تا دهانه هشت متر نشریه شماره ۸۳
- راهنمای جامع نرم افزار Autodesk Land Desktop مهندس علیرضا غنی زاده
- پروژه راهسازی با AUTODESK LAND DESKTOP و CIVIL DESIGNمهندسین علیرضا غنی زاده افشین غنی زاده
- راهنمای نرم افزار Land مهندس سیدسینا طبیبیان
- آموزش سریع Land مهندس هادی عقیلی
- پروژه راهسازی مهندسین عظیمی و سالمی

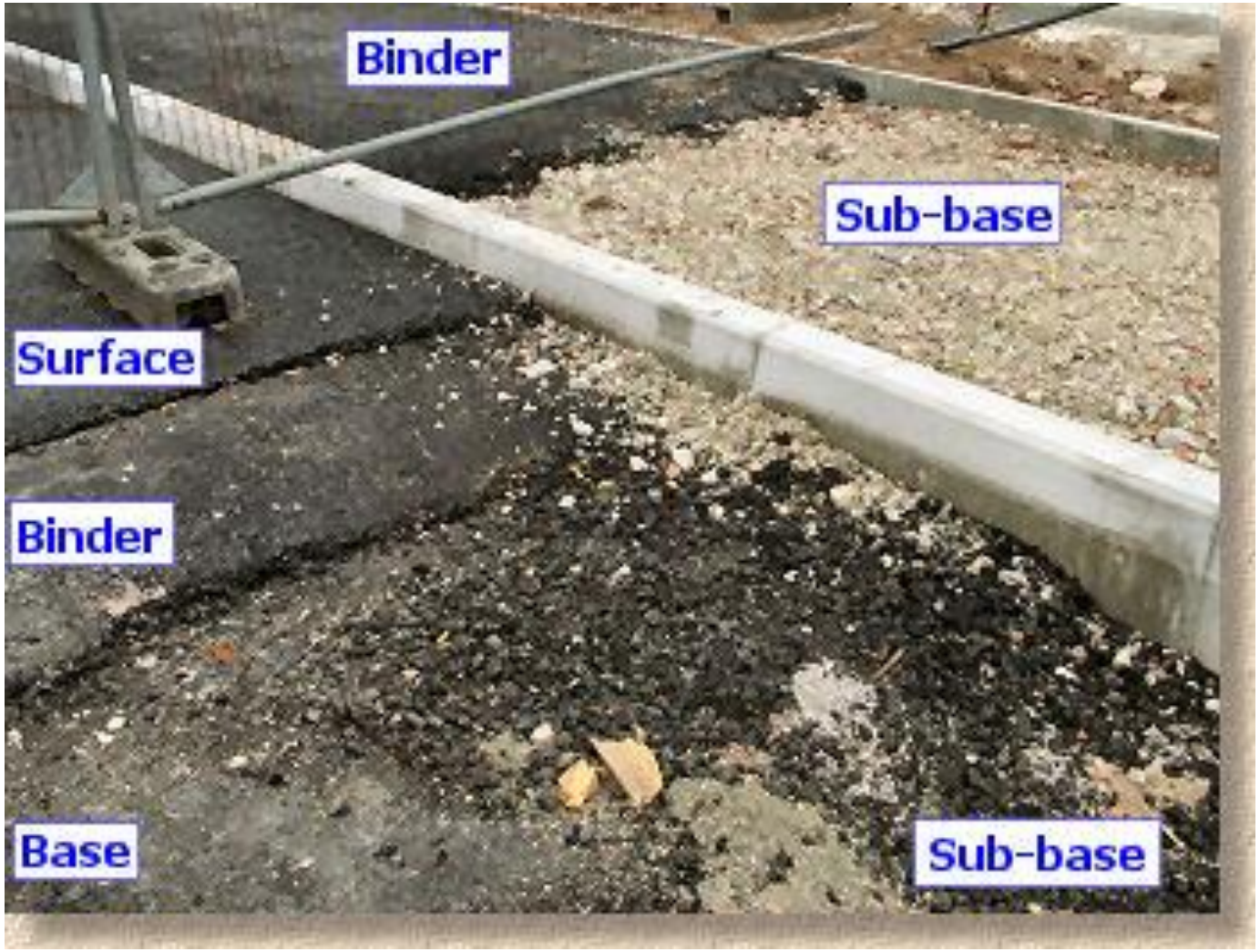
فهرست مطالب

- فرازی بر نرم افزار Land
- تعریف یک پروژه Project
- ایجاد و مدیریت نقاط Points
- ایجاد و نمایش سطوح و ترسیم منحنی های میزان Terrain
- طراحی و ترسیم خطوط و قوس ها (پلان مسیر) Lines/Curves
- ترسیم پروفیل های طولی، عرضی و مقاطع Alignments/Cross Sections
- محاسبه حجم عملیات خاکی بین دو سطح Terrain
- ترسیم دیاگرام بروکنر Cross Sections
- پروژه عملی

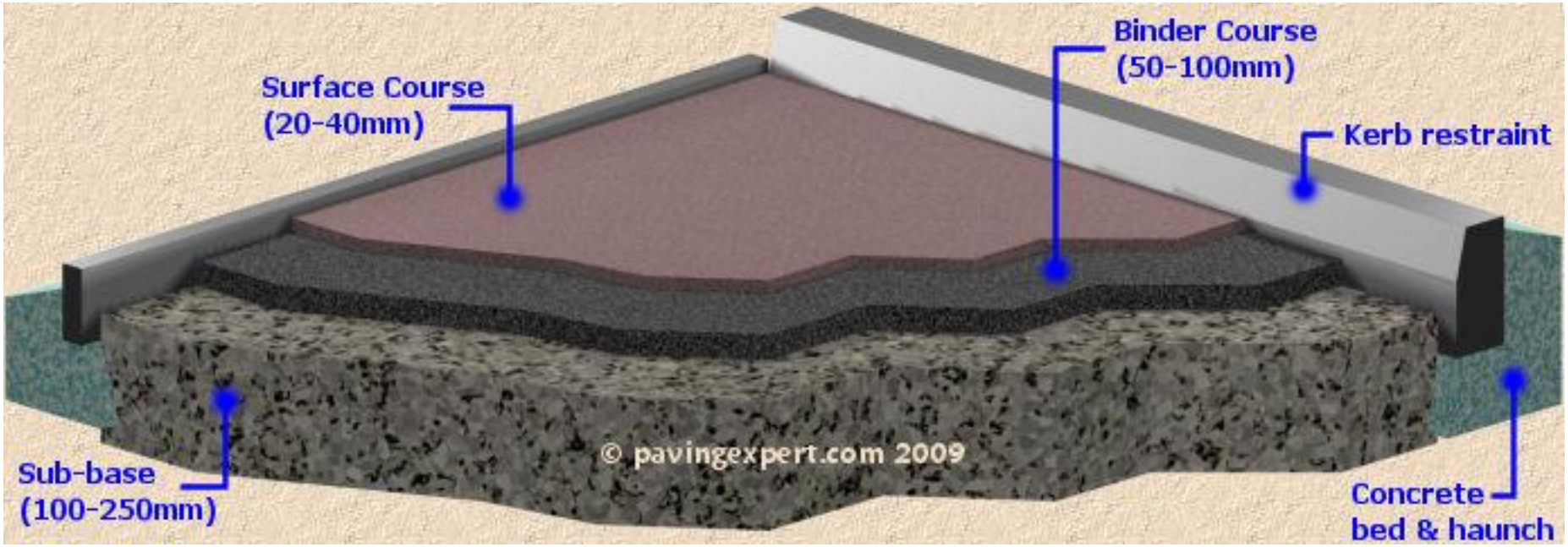
جزئیات راه


رویه - توپک (Topcoat)
شانهٔ راه
آستر - بیندر (Binder)
اساس (Base)
لایهٔ رویهٔ آسفالتی
1
h
شیب شیروانی
زیر اساس (Sub Base)
ساب گرید
Fill Material
سطح خاک بستر طبیعی
سطح خاک بستر کوبیده شده

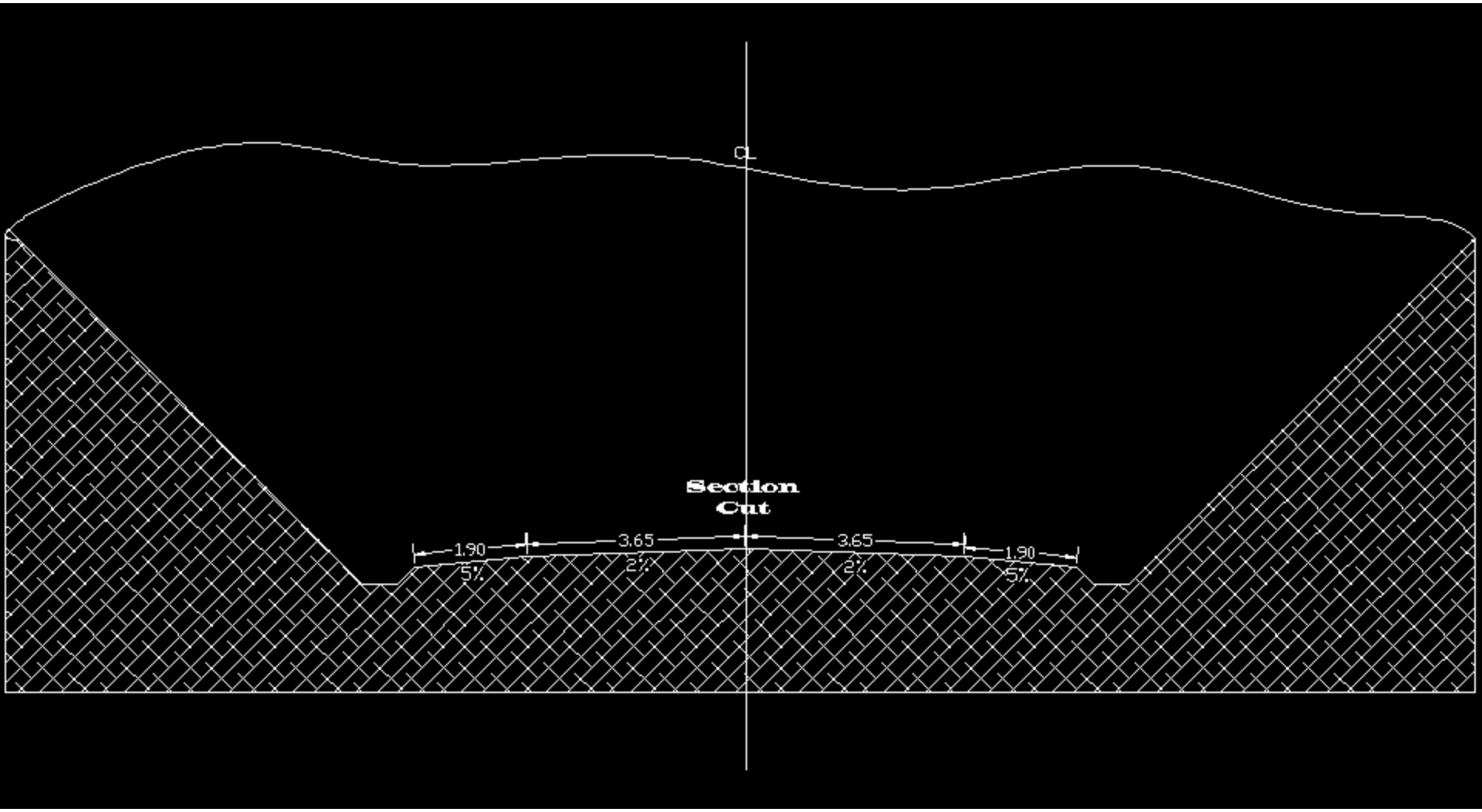
roadway
surface course
shoulder
solid line
base course
bank
subbase
broken line
base
subgrade
embankment
bed
ditch
earth foundation
slope



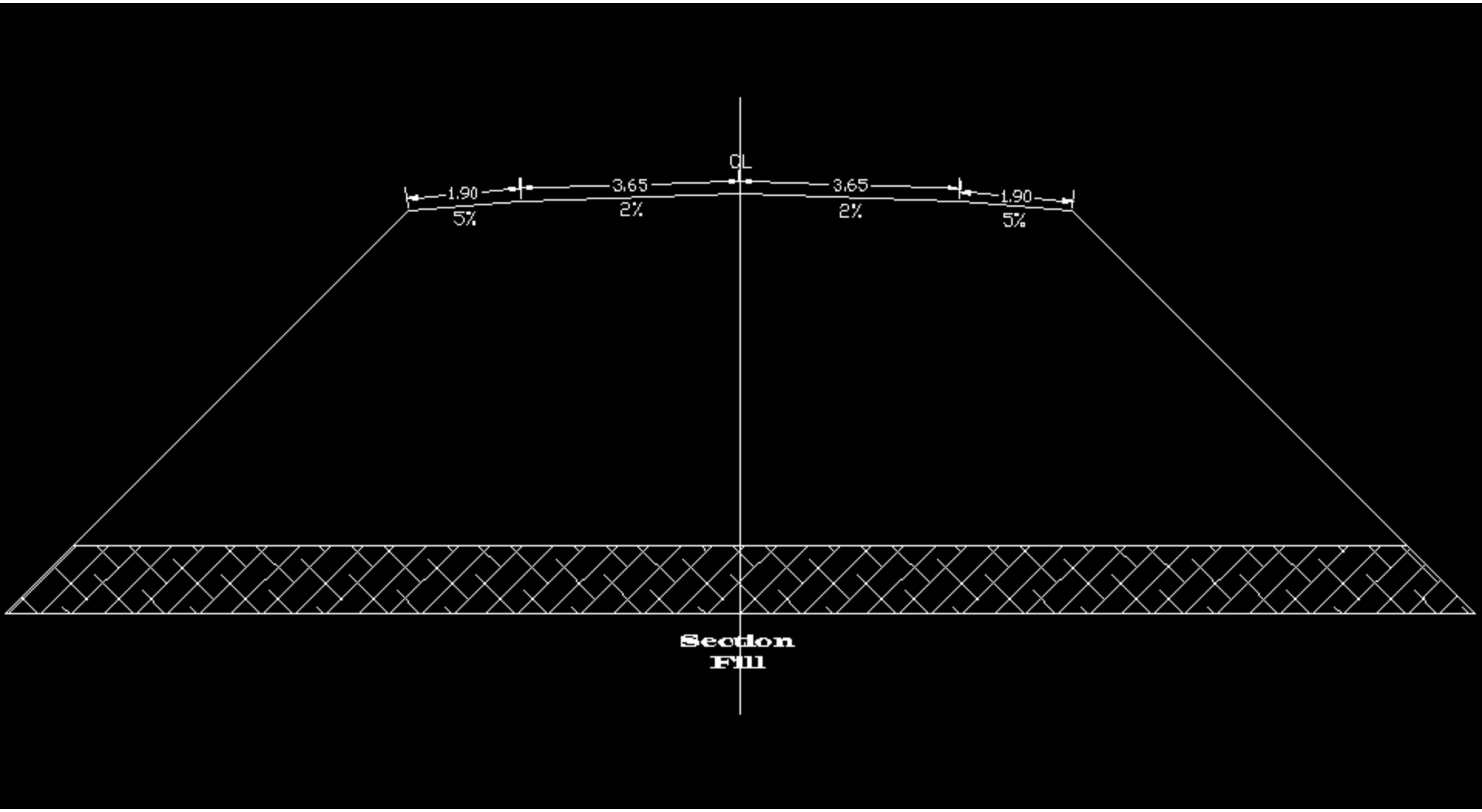
Babak Farahmand Shad
Email:babakfun@gmail.com
mobile:09126301954


Surface Course
(20-40mm)
Binder Course
(50-100mm)
Kerb restraint
Sub-base
(100-250mm)
© pavingexpert.com 2009
Concrete
bed & haunch

مقطع عرضی راه در حالتی که خط پروژه پائین تر از رقوم طبیعی زمین است(خاکبرداری)



مقطع عرضی راه در حالتی که خط پروژه بالاتر از رقوم طبیعی زمین است(خاکریزی)



Babak Farahmand Shad
Email:babakfun@gmail.com
mobile:09126301954

مسیریابی

رسم مسیر اولیه راه بر روی نقشه توپوگرافی

عوامل مختلفی در انتخاب مسیر مؤثر هستند که به شرح ذیل خلاصه می شود:

۱- دسترسی: یک راه علاوه بر اتصال دو نقطه مبدا و مقصد باید دسترسی مراکز جمعیتی بین مبدا و مقصد را نیز تامین نماید.

۲- عوارض طبیعی: شامل پستی و بلندی های زمین ، کوه ، دریاچه و رودخانه است . گذشتن از عوارض طبیعی مستلزم انجام خاکبرداری ، خاکریزی ، احداث پل و تونل می باشد که هزینه های زیادی را در بر دارد.

۳- ضوابط طرح هندسی: هدف از طرح هندسی احداث یک راه ایمن و متناسب با حجم ترافیک ، سرعت وسایل نقلیه و خصوصیات رانندگان است.

۴- زمین شناسی: این مطالعات از نظر شناخت مناطقی که احتمال لغزش، رانش، نشست و ریزش در آن زیاد است، قابل اهمیت است. همچنین شناخت آبهای زیر زمینی خصوصا در محل و احداث تونل ها و تعیین ارتفاع خاکریز ها مهم می باشد.

۵- جنس پی جسم و ساختمان ها: پارامتر مقاومت زمین چه از نظر قرار گیری خاکریز ها بر روی زمین و چه از نظر احداث پل ها و دیوار ها عامل موثری در انتخاب مسیر است . مخارج احداث راه بر روی زمین های سست و باتلاقی بسیار زیاد است و حتی الامکان باید سعی گردد از این مناطق عبور داده نشود.

۶- نگهداری راه: انتخاب مسیر راه در چگونگی و مخارج نگهداری راه تاثیر می گذارد .

۷- زیبایی راه: عواملی مانند هماهنگ سازی قوس های افقی و قائم و پیروی مسیر راه از وضعیت طبیعی زمین و بافت شهری

۸- حفظ محیط طبیعی: عدم تخریب جنگل ها و منابع طبیعی و رودخانه ها برای انتخاب مسیر مهم است.

۹- حفظ محیط انسانی

۱۰- مخارج ساختمان راه

حداقل طول لازم ($l_{\min}$) جهت عبور مسیر از یک تراز به تراز مجاور:

$$i = \frac{\Delta h}{\Delta l} = \frac{\Delta h}{l_{\min}} \quad \Rightarrow \quad l_{\min} = \frac{h_2 - h_1}{i} = \frac{\Delta h}{i} \qquad , \qquad i \le i_{\max}$$

h_1 : ارتفاع پایین تر

h_2 : ارتفاع بالاتر

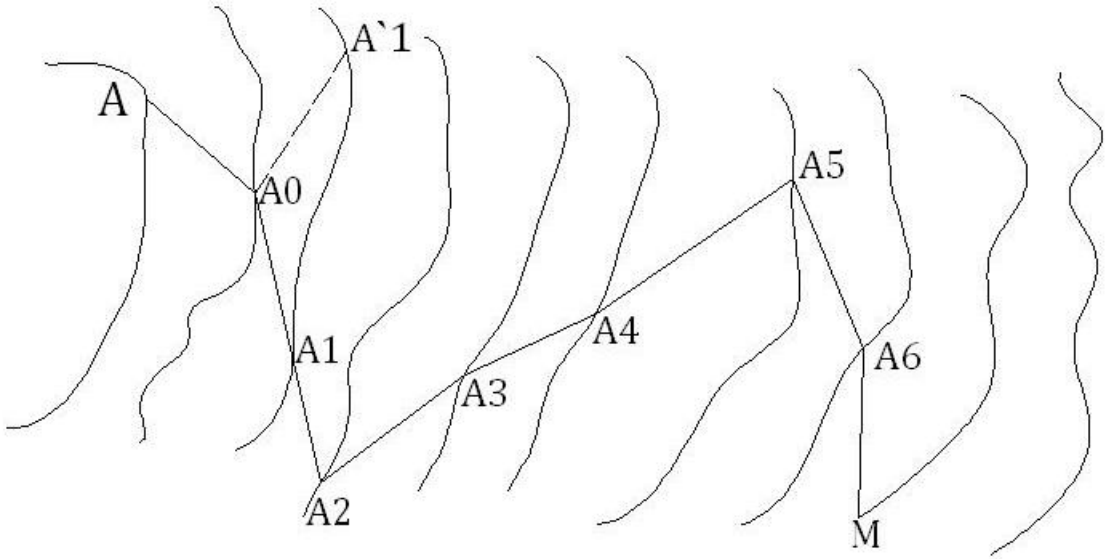
i : شیب در نظر گرفته شده

$i_{\max}$: حداکثر شیب مجاز جدول ۱۲-۸ صفحه ۳۰۶ کتاب طرح هندسی راه "دکتر بهبهانی"

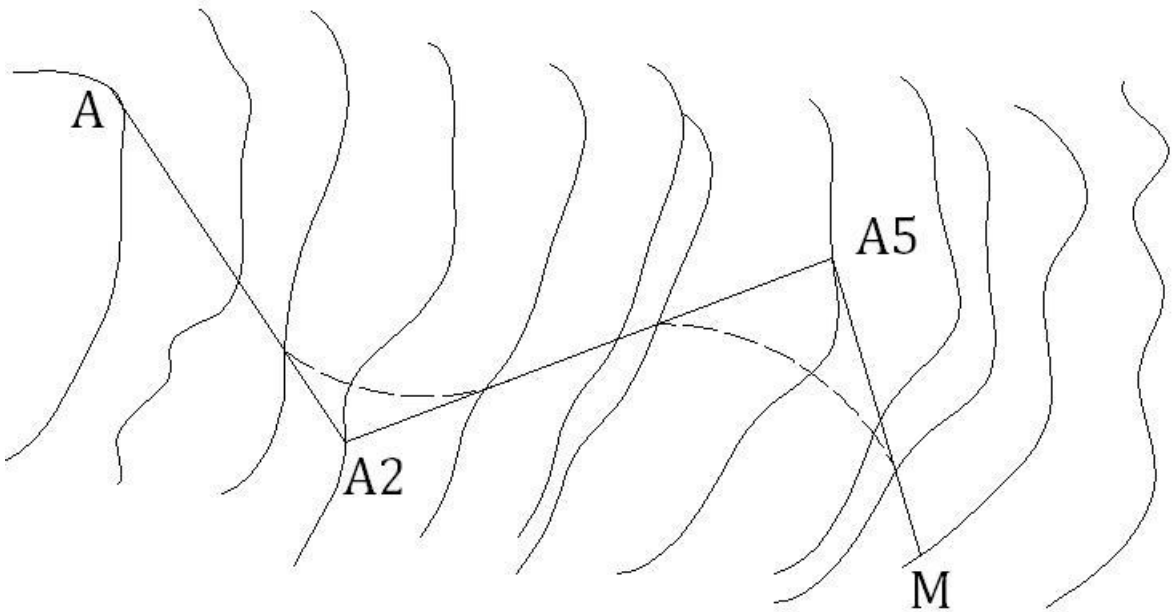
$l_{\min}$: حداقل طول لازم با در نظر گرفتن شیب مجاز جهت عبور مسیر از یک خط تراز به خط تراز مجاور

نوع منطقه	سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)					
	۶۰ و کمتر	۷۰	۸۰	۹۰	۱۰۰	۱۱۰
	حداکثر شیب طولی (درصد)					
هموار	۵	۴	۴	۴	۴	۳
تپه ماهور	۶	۵	۵	۵	۵	۴
کوهستانی	۷ و ۸	۶	۶	۶	–	–

جدول ۵-۲۲ آیین نامه طرح هندسی راهها ایران (نشریه ۱۶۱) (حداکثر شیب طولی راه اصلی)



نحوه تعیین مسیر بر روی خطوط تراز با استفاده از طول مبنا



اصلاح خطوط شکسته و اعمال قوس های لازم

تعیین سرعت مبنای طراحی و عوامل مرتبط با آن

با توجه به بند ۳-۴-۴ آیین نامه راه بند ب ، راه اصلی درجه یک دو طرفه با حداقل دو خط عبور در هر طرف با عرض سواره رو ۳/۶۵ برای هر خط و عرض شانه ها حداقل ۱/۸۵ متر تعریف می گردد.
حال طبق تعریف آیین نامه راه سرعت طرح، سرعتی است که برای تعیین حداقل مشخصات مربوط به طرح هندسی (پیچ ها، خم ها و فواصل دید) قطعه مورد نظر راه انتخاب می شود.
همچنین سرعت طرح برای طبقات مختلف راه و با توجه به عوارض زمین بر حسب کیلومتر در ساعت از طرف دفتر فنی سازمان برنامه و ابلاغیه های فنی وزارت راه در جدول ۱۲-۴ صفحه ۲۹۲ کتاب طرح هندسی راه" دکتر بهبهانی" به شرح زیر تعیین شده است.

وضع عوارض طبقه راه	جلگه	تپه و ماهور	کوهستانی
راه اصلی	۱۰۰	۸۰	۵۰-۶۵
راه استانی	۸۰	۶۰	۳۵
راه منطقه ای	۵۰	۴۰	۳۰
راه روستائی	۴۰	۳۰	۲۰
سرعت مبنا برای طبقات مختلف راه			

درجه بندی راه	طبقه بندی راه		
	کوهستانی	تپه ماهور	هموار
آزاد راه	V_3	V_4	V_5
بزرگ راه و راه اصلی جدا شده	V_3	V_4	V_4
راه اصلی	V_2	V_3	V_4
راه فرعی	V_1	V_2	V_3

جدول ۴-۳ آیین نامه گروه بندی سرعت طرح

نام گروه	سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)		
	حداقل	متوسط	حداکثر
V_1	۳۰	۴۰	۵۰
V_2	۶۰	۷۰	۸۰
V_3	۸۰	۹۰	۱۰۰
V_4	۱۱۰	۱۱۰	۱۱۰
V_5	۱۳۰	۱۳۰	۱۳۰

جدول ۴-۲ آیین نامه گروه سرعت طرح برای درجه بندی راه

Babak Farahmand Shad
Email:babakfun@gmail.com
mobile:09126301954

سرعت طراحی	۴۰	۵۰	۶۰	۷۰	۸۰	۹۰	۱۰۰	۱۱۰	۱۲۰	۱۳۰
ضریب اصطکاک	۰.۲۵	۰.۲۰	۰.۱۶	۰.۱۴	۰.۱۳	۰.۱۲	۰.۱۱	۰.۱۰	۰.۱۰	۰.۰۹

ضریب اصطکاک جانبی

نوع منطقه	سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)					
	۶۰ و کمتر	۷۰	۸۰	۹۰	۱۰۰	۱۱۰
	حداکثر شیب طولی (درصد)					
هموار	۵	۴	۴	۴	۴	۳
تپه ماهور	۶	۵	۵	۵	۵	۴
کوهستانی	۷ و ۸	۶	۶	۶	–	–

جدول ۵-۲۲ آیین نامه (حداکثر شیب طولی راه اصلی)

Babak Farahmand Shad
Email:babakfun@gmail.com
mobile:09126301954

سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)	ضریب اصطکاک جانبی (f)
۳۰	۰.۱۷
۴۰	۰.۱۷
۵۰	۰.۱۶
۶۰	۰.۱۵
۷۰	۰.۱۴
۸۰	۰.۱۴
۹۰	۰.۱۳
۱۰۰	۰.۱۲
۱۱۰	۰.۱۱
۱۲۰	۰.۰۹
۱۳۰	۰.۰۸

جدول ۵-۲ آیین نامه - ضریب اصطکاک جانبی

Babak Farahmand Shad
Email:babakfun@gmail.com
mobile:09126301954

شعاع حداقل مطلق قوس

شعاع حداقل مطلق قوس، حداقل شعاعی است که می توان در قوس های مسیر از آن استفاده نمود.

بند ۵-۲-۲ آیین نامه این رابطه را بیان می کند.

با توجه به توصیه آیین نامه در بند ۵-۳-۲ بهتر است که از به کار گیری شعاع حداقل خودداری شود.

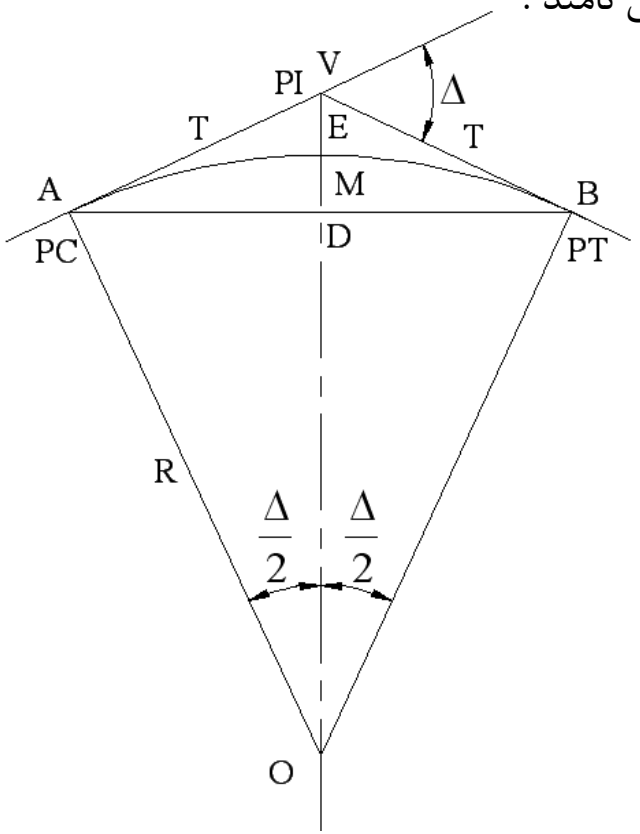
همچنین بهتر است که شعاع حداقل را به نزدیکترین عدد و **به سمت بالا** گرد نمود.

قوس ها:

مسیر شامل یک سری خطوط مستقیم (تانژانت) می باشد که در نقاطی دارای شکستگی شده اند . تامین راحتی رفت و آمد وسایل نقلیه مهندسی طراح را بر آن می دارد تا یک مسیر منحنی را جایگزین قسمتی از طرفین نقطه تقاطع تانژانت ها یا محل شکستگی (سومه) نماید . این مسیر منحنی که برای اتصال راستاهای متقاطع مسیر مورد استفاده قرار می گیرد ، قوس افقی نامیده می شود . قوسهای افقی دارای انواع مختلفی هستند . از مهمترین و کاربردی ترین انواع این قوسها می توان به قوسهای دایره ای ساده ، دایره ای مرکب ، دایره ای معکوس ، سرپانتین ، شبدری و منحنی های اتصال (کلوتئید) اشاره نمود .

قوس ساده :

راس قوس یا سومه : (PI=Point of Intersection , S=somet ,V=Vertex)
محل تقاطع دو قسمت مستقیم مسیر یا محل تلاقی امتداد مماسها را راس قوس می نامند .



زاویه تقاطع: Δ Intersection angle

زاویه خارجی تشکیل شده از تقاطع دو قسمت مستقیم را زاویه تقاطع یا زاویه قوس می نامند .

نقطه شروع قوس و نقطه پایان قوس

PC=Point of Curve PT=Point of Tangency

طول مماس یا طول تانژانت (T=Tangent Distance)

فاصله راس تا قوس شروع و یا پایان قوس (VA=VB) را طول مماس یا طول تانژانت می نامند و این مقدار با ملاحظه مثلث قائم الزاویه OAV به صورت زیر محاسبه می گردد

$$T_1 = T_2 = Rtg\frac{\Delta}{2}$$

طول قوس (L=Curve Distance)

فاصله نقطه A تا نقطه B روی مسیر منحنی را طول قوس می نامند

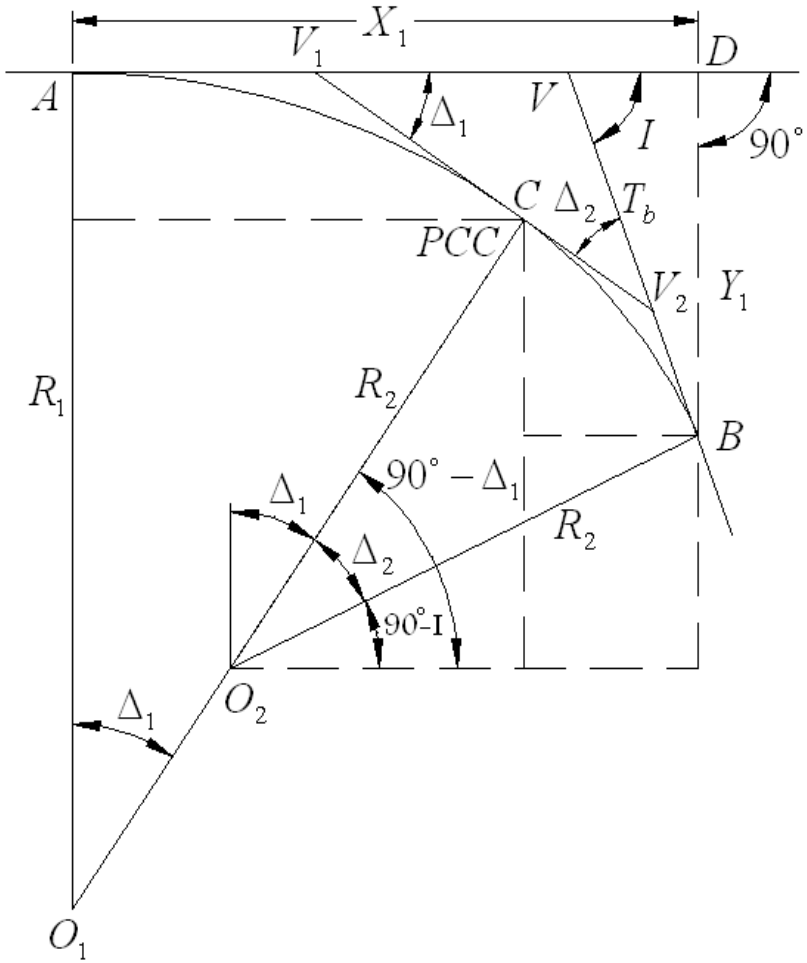
درجه $L = \frac{\Pi}{180} R.\Delta$

رادیان $L = R.\Delta$

Babak Farahmand Shad
Email:babakfun@gmail.com
mobile:09126301954

قوس مرکب

با توجه به بند ۵-۳-۱۰ آیین نامه، در قوس مرکب، شعاع قوس بزرگتر نباید از ۱/۵ برابر شعاع قوس کوچکتر بیشتر باشد؛ همچنین با توجه به بند ۵-۳-۵ آیین نامه طول کل قوس، در این نوع قوس ها نباید کمتر از ۱۵۰ متر در نظر گرفته شود.



$$X_1 = R_2 \sin I + (R_1 - R_2)\sin \Delta_1$$

$$Y_1 = R_1 - R_2 \cos I - (R_1 - R_2)\cos \Delta_1$$

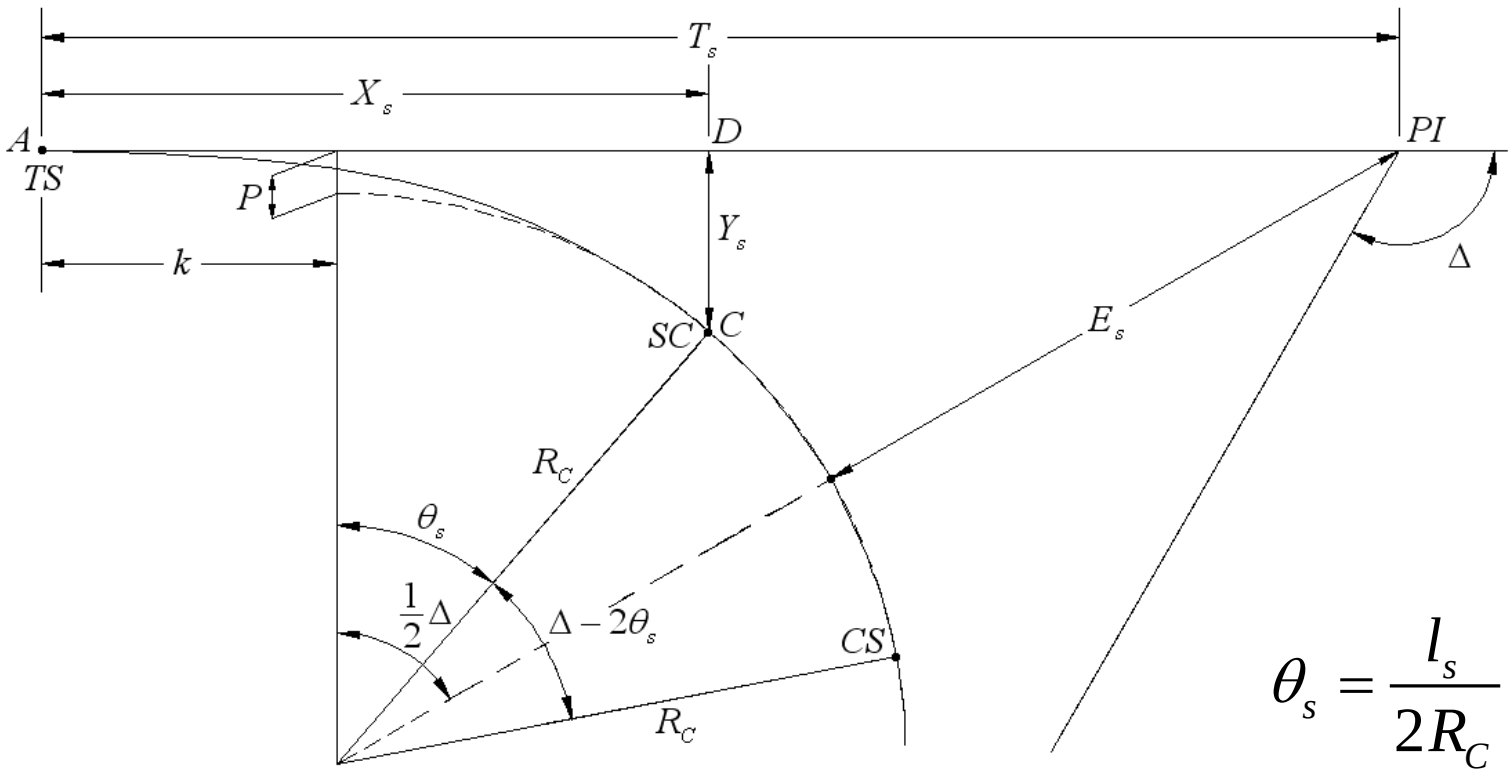
قوس کلوتئیدی

قوس کلوتئیـدی برای راحتی عمـل رانـنـدگی و همچنیـن تغییر تدریجـی از شیب معمول جاده به دور کامل به کار می رود

طبق تعریف بند ۵-۳-۷ آیین نامه در مورد قوس کلوتوئید داریم : به منظور تامین ایمنی کافی در طرح راه بهتر است برای اتصال دو پیچ با اختلاف شعاع نسبتا" زیاد و یا اتصال یک مسیر مستقیم به یک پیچ دایره ای با شعاع کوچکتر، از قوس اتصال تدریجی (کلوتئید) استفاده می شود.

طول کلوتئید تابعی از سرعت طراحی است، و برابر بزرگترین مقـدار به دست آمده از روابط زیر :

$$\begin{cases} l'_s = \dfrac{0.036V^3}{R_C} \\ l''_s = 13.65Ve \\ l'''_s = \sqrt{12R_C} \end{cases} \Rightarrow l_s = \max\left\{l'_s, l''_s, l'''_s\right\}$$



$$\theta_s = \frac{l_s}{2R_C}$$

$$X_s = \frac{l_s}{100}\left[100 - 0.30\times10^{-2}\theta_s^2 + 0.43\times10^{-7}\theta_s^4 - 0.30\times10^{-12}\theta_s^6 + 0.14\times10^{-17}\theta_s^8\right]$$

$$Y_s = \frac{l_s}{100}\left[0.58\theta_s - 0.13\times10^{-4}\theta_s^3 + 0.12\times10^{-9}\theta_s^5 - 0.05\times10^{-15}\theta_s^7\right]$$

رسم پروفیل طولی و انتخاب خط پروژه

عبارت است از نمایش تصویر ابتدا تا انتهای مسیر بر روی صفحه قائم. این پروفیل از دو خط (خط پروژه و خط زمین) و یک جدول مشخصات تشکیل شده است. که خط زمین طبیعی، وضعیت ارتفاعی زمین طبیعی محور راه را نشان داده و خط پروژه، وضعیت ارتفاعی سطح تمام شده محور راه پس از ساخت را نشان می‌دهد.
به طور کلی برای اینکه پروفیل طولی راه را بهتر بتوان نمایش داد، مقیاس ارتفاع را ۱۰ برابر مقیاس طولی پروفیل که همان مقیاس پلان می باشد در نظر می گیرند.

رسم پروفیل طولی

ایستگاه گذاری روی محور مسیر در نقشه پلان راه
تعیین ارتفاع و طول از مبدأ هر ایستگاه از روی نقشه پلان
رسم دو محور عمود برهم در کاغذ شطرنجی
انتخاب یک سطح سنجش روی محور طولی
ترسیم نقاط ایستگاهی در دستگاه مختصات فوق و ترسیم خط طبیعی زمین
ترسیم خط پروژه
تکمیل جدول اطلاعات که روی کاغذ میلیمتری رسم شده است.

نکاتی که در ترسیم خط پروژه باید مورد ملاحظه قرار گیرد عبارتند از:

۱- باید از شیب های طولانی اجتناب کرد.

۲- شیب پروفیل طولی نباید از حد مجاز تجاوز نماید.

۳- سطوح زیر خط پروژه نمودار خاکریز، و سطوح بالای خط پروژه نمودار خاکبرداری می باشد.

۴- بین محل های خاکبرداری و خاکریز باید تا حدودی تعادل برقرار نمود.

۵- در زمین های مسطح باید حداقل شیب طولی در پروژه رعایت شود.

۶- در زمینهای مسطح حتی الامکان سعی می شود که خط پروژه بالاتر از سطح زمین طبیعی قرار گیرد (حداقل ۵۰cm)

۷- در محل آبروها و پل ها باید ارتفاع خاکریز به اندازه کافی منظور گردد.

۸- باید از میزان شیب طولی در قوس های افقی کوچک کاسته شود.

۹- باید شعاع قوس های قائم برمبنای مسافت دید تعیین گردد.

۱۰- از شروع قوس های افقی تیز در قوس های قائم باید اجتناب نمود.

۱۱- باید در محل های زیرگذر و یا روگذر به دقت تعیین گردد.

۱۲- از قوس های قائم در محل عبور از رودخانه پرهیز گردد.

۱۳- محل آبروهای عرضی به دقت تعیین گردد.

۱۴- جهت جریان آب های سطحی مشخص شود.

۱۵- نوع آبروها و پل های کوچک به صورت شماتیک در محل های تعیین شده بر روی پروفیل طولی ترسیم گردد.

۱۶- دهانه آبروها و پل ها باید برمبنای مطالعات هیدرولوژی تعیین گردند.

۱۷- کف ترانشه ها دارای حداقل شیب طولی جهت هدایت آب های سطحی باشد

۱۸- باید دقت شود که قوس های دایره ای در پروفیل طولی تبدیل به قوس های بیضوی گردند.

۱۹- عبور خط پروژه از نقاط ارتفاعی اجباری

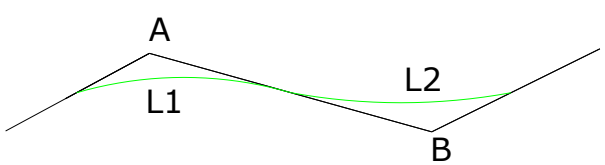
۲۰- شیب طولی در پلها بهتر است صفر در نظر گرفته شود .

۲۱- پس از پل شیب طولی گذاشته نشود (بخشی از قوس قائم روی پل واقع خواهد شد که درست نیست)

۲۲- شیب طولی در تونلها بهتر است بین ۱ تا ۳ درصد باشد و قوس قائم در طول تونل به صورت محدب طراحی شود .

۲۳- قوس قائم بر روی قوس اتصال (کلوتئید) قرار نگیرد (قوس قائم می تواند بر روی قوس دایره قرار گیرد)

۲۴- حداقل طول هر تکه از خط پروژه باید از (L_1+L_2) ۰/۵ بیشتر باشد .



بر روی پروفیل طولی راه موارد زیر مشخص شده است:

رقوم پروژه
رقوم زمین طبیعی
فاصله از مبدأ
درصد شیب طولی
شماره نقطه
ابنیهٔ فنی تونل و پل
فاصله ایستگاهها در دشت ۵۰ متر انتخاب می شود .
در قوس ها فاصله ایستگاهها ۰/۱ تا ۰/۰۵ شعاع قوس انتخاب می شود.
در ابتدا و انتهای قوس ها ، محل های تغییر شیب ، محل های تلاقی خط زمین با خط پروژه ، نهرها ، رودخانه ها و خط القعرها ایستگاه اضافی در نظر گرفته می شود.

منحنی بروکنر

حمل و نقل خاک:

از نظر اقتصادی خط پروژه می بایست طوری طراحی شود که تمامی مواد حاصل از خاکبرداری حتی المکان در محل خاکریزی مصرف شود در غیر این صورت اگر نتوان تمام خاک مورد نیاز را از خاکبرداری های در طول پروژه تهیه نمود باید متوسل به تأمین خاک مورد نیاز از محل های مناسب و اصطلاحاً قرضه شد و یا برعکس باید خاک اضافی را به محل های تعیین شده حمل و اصطلاحاً دپو نمود.

برای دستیابی به اقتصادی ترین نحوه جابجایی خاک و تعیین حداقل فاصله حمل متوسط خاک در یک پروژه راهسازی از روش منحنی بروکنر استفاده می شود.

منحنی بروکنر:

هدف اصلی ترسیم و مطالعه منحنی بروکنر عبارت است از یافتن خط پخش یا خط توزیعی که با صرفه ترین حمل خاک را ایجاب می کند. برای رسم منحنی بروکنر بر روی محور Xها، کیلومتراژ ایستگاه نیمرخ های عرضی با مقیاس پروفیل طولی ۱:۲۰۰۰ و بر روی محور Y ها، جمع جبری خاکریزی و خاکبرداری از مبداء تا ایستگاه مورد نظر با مقیاس مناسب رسم می گردد، معمولاً خاکبرداری با علامت منفی و خاکریزی به اضافه انقباض (اگر خاک حاصل از خاکبرداری را به صورت لایه لایه و در رطوبت بهینه بکوبیم و حجم نهـایی کمتـر از حجم اولیه شود این کمبود حجم انقباض نامیده می شود معمولاً مقدار انقباض برای خاک های معمولی بین ۱۰ تا ۱۵ درصد در نظر گرفته می شود) که با علامت مثبت منظور می گردد.

خصوصیات منحنی بروکنر:

به محور افقی خط پایه یا خط اساس گفته می شود.

نقطه انتهایی منحنی بروکنر به نام نقطه پایانی نامیده می شود.

به خطی که از انتهای منحنی بروکنر به موازات خط اساس رسم گردد، خط پایان گفته می شود؛ موقعیت این خط بر حسب مورد می تواند در بالا، پایین و یا منطبق بر خط اساس باشد.

اگر خط پایان در بالای خط اساس قرار گیرد، اضافه حجم عملیات خاکی پروژه از نوع خاکریزی است و پروژه نیازمند قرضه می باشد.

اگر خط پایان در پایین خط اساس قرار گیرد، اضافه حجم عملیات خاکی از نوع خاکبرداری است و پروژه نیازمند دپو می باشد.

اگر خط پایان منطبق بر خط اساس قرار گیرد، حجم عملیات خاکبرداری و خاکریزی کل پروژه با هم در تعادل می باشد.

شاخه های نزولی منحنی بروکنر نشان دهنده خاکبرداری و شاخه های صعودی نشان دهنده خاکریزی است.

ارتفاع منحنی بروکنر که در هر نقطه نشان دهنده حجم خاک تجمعی تا آن نقطه می باشد.

نقاط ماکسیمم و مینیمم منحنی بروکنر، نقاطی هستند که عملیات خاکبرداری به خاکریزی (یا بالعکس) تبدیل می شود. این نقاط معمولا" در محل برخورد خط پروژه با خط زمین (مقطع عرضی صفر یا در مواردی مقطع عرضی مختلط واقع می شوند)

نقاطی که منحنی بروکنر خط اساس را قطع می کند، نقاط تعادل نامیده می شود؛ زیرا جمع جبری احجام خاکبرداری و خاکریزی در این نقاط برابر صفر می باشد.

هر خطی که به موازات خط اساس رسم شود و منحنی بروکنر را حداقل در یک نقطه قطع کند، خط توزیع یا خط پخش نامیده می شود؛ با این تعریف خط پایان و اساس هم می تواند به عنوان یک خط پخش محسوب شود.

هر خط پخش مفروض، منحنی بروکنر را به مجموعه ای از سطوح هندسی که در بالا و پایین این خط واقع شده اند، تقسیم می کند؛ که دارای شاخه های صعودی و نزولی بوده و می بایست برای تعادل خاک را از سمت شاخه نزولی (خاکبرداری) به سمت شاخه صعودی (خاکریزی) هل داد.

به ازای خط پخش بهینه که مجموع قاعده های سطوح فوقانی و تحتانی در آن برابر بوده، متوسط فاصله حمل خاک حداقل می گردد.

فاصله حمل حداقل خاک باعث می شود تا هزینه ساخت راه کمتر شده و پروژه اقتصادی تر باشد.

خط توزیع:

خط توزیع خطی است به موازات خط اساس و بین خط اساس و خط پایانی که مشخص کننده ی نحوه انجام عملیات خاکی و ایجاد تعادل بین خاکبرداری و خاکریزی است به طوریکه مسافت حمل (جا به جایی مرکز ثقل حجمی از خاک از محل خاکبرداری به محل خاکریزی را مسافت حمل گویند) حداقل گردد. به عبارت دیگر با رسم این خط سطوح محدود شده در منحنی بروکنر در مجموع حداقل خواهد بود.

با استفاده از محاسبات ریاضی صورت گرفته چنین نتیجه گیری می شود که خط توزیع خطی است که در اثر رسم آن اختلاف بین مجموع قواعد سطوح فوقانی منحنی بروکنر با مجموع قواعد سطوح تحتانی منحنی بروکنر حداقل باشد. در این راستا می توان چهار حالت را متصور شد:

۱- حالتــی که هر قــدر در آن از خط اساس به سمت خــط پایانی پیش می رویــم اختلاف ناچیز تر و در محلی صفر میشود؛ در این حالت آن محل مشخص کننده خط توزیع است

۲- حالتی که هر قدر در آن از خط اساس به سمت خط پایانی حرکت می کنیم اختلاف قواعد سطوح فوقانی با قواعد سطوح تحتانی زیاد می شود؛ در این حالت خط توزیع همان خط اساس است.

۳- حالتی که هر قدر در آن از خط اساس به سمت خط پایــانی حرکت می کنیم اختــلاف کم می شود ولی به صفر نمیرسد؛ در این حالت خط توزیع همان خط پایانی است.

۴- حالتی که هر قدر در آن از سمت خط اساس به سمت خط پایانی حرکت می کنیم اختلاف ها کم می شود ولی در محلی ممکن است که اختلاف تغییر علامت دهد یعنی به جای کاهش، افزایش یابد، این حالت ممکن است به دلیل وجود قطعه خطی افقی در منحنی بروکنر باشد؛ در این حالت بایستی خط توزیع بر خط افقی منطبق باشد.