

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

طراحی شناسی و بدنه خودرو

خودرو :

سیستمی است که خود منبع تامین انرژی خود است و به انرژی منبع خارجی وابسته نیست .

خودروهای جاده ای :

Ground Vehicles

تعداد قطعات استفاده شده در خودرو

۱۳۰۰۰ الی ۱۵۰۰۰ قطعه

تعداد قطعات متحرک

۱۰۰۰ الی ۱۵۰۰ قطعه

میانگین تلورانسها

۰/۰۱

مواد استفاده شده

۶۰ نوع

عمر مفید خودرو

۸ سال یا ۱۵۰۰۰۰ کیلومتر

ملاحظات طراحی و بهسازی :

۱- محیط زیست } آلودگی هوا
آلودگی صوتی
آلودگی بازیافت

۲- ویژگی های خودرو (عملکرد - راحتی - آسایش سرنشین - ایمنی - ...)

۳- مسائل شهری (قوانین - دستورالعمل ها - ...)

۴- اقتصادی بودن (قیمت خودرو - مصرف انرژی - ...)

۵- مسائل فردی (پذیرش خریدار - اطمینان - اعتماد - کیفیت - ...)

۶- سنگینی ، حجم و جایگیری خودرو

خودرو سازی در جهان :

- 1886: اولین خودرو چهار چرخ
- 1890: اولین خودرو بنزینی توسط شرکت بنز
- 1899: موتور دیزل توسط دیزل ساخته شد
- 1903: تشکیل شرکت فورد
- 1904: تشکیل شرکت رویز رویز
- 1908: تشکیل شرکت جنرال موتور
- 1908: ارائه طرح استاندارد سازی قطعات خودرو توسط شرکت جنرال موتور
- 1909: تولید ۶۰۰ نوع خودرو
- 1920: تولید کارخانه های اروپایی خودرو ساز
- 1935: اولین استفاده ABS در هواپیما
- 1980: شروع کارهای کامپوتری در خودرو

خودرو سازی در ایران :

۱۲۸۵ : وارد شدن اولین خودرو

۱۳۰۸ : تعداد خودروهای موجود در ایران (۱۵۲۹)

۱۳۱۵ : ساخت اتاق و بدنه اتوبوس در ایران

۱۳۳۶ : ساخت لندرور

۱۳۳۹ : ساخت آریا و شاهین

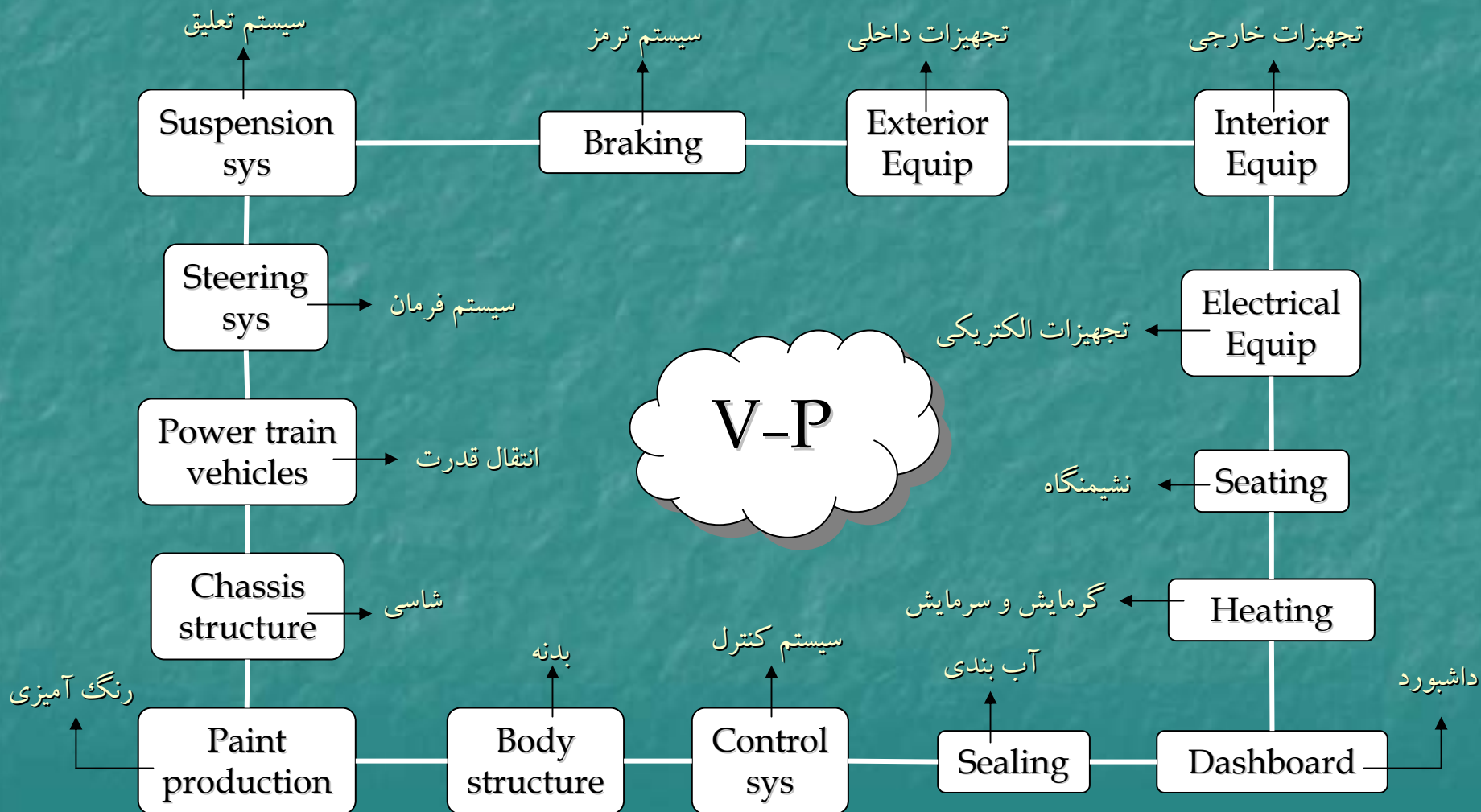
۱۳۴۲ : مونتاژ محصولات اولیه بنز توسط ایران ناسیونال

۱۳۴۶ : تولید خودرو پیکان

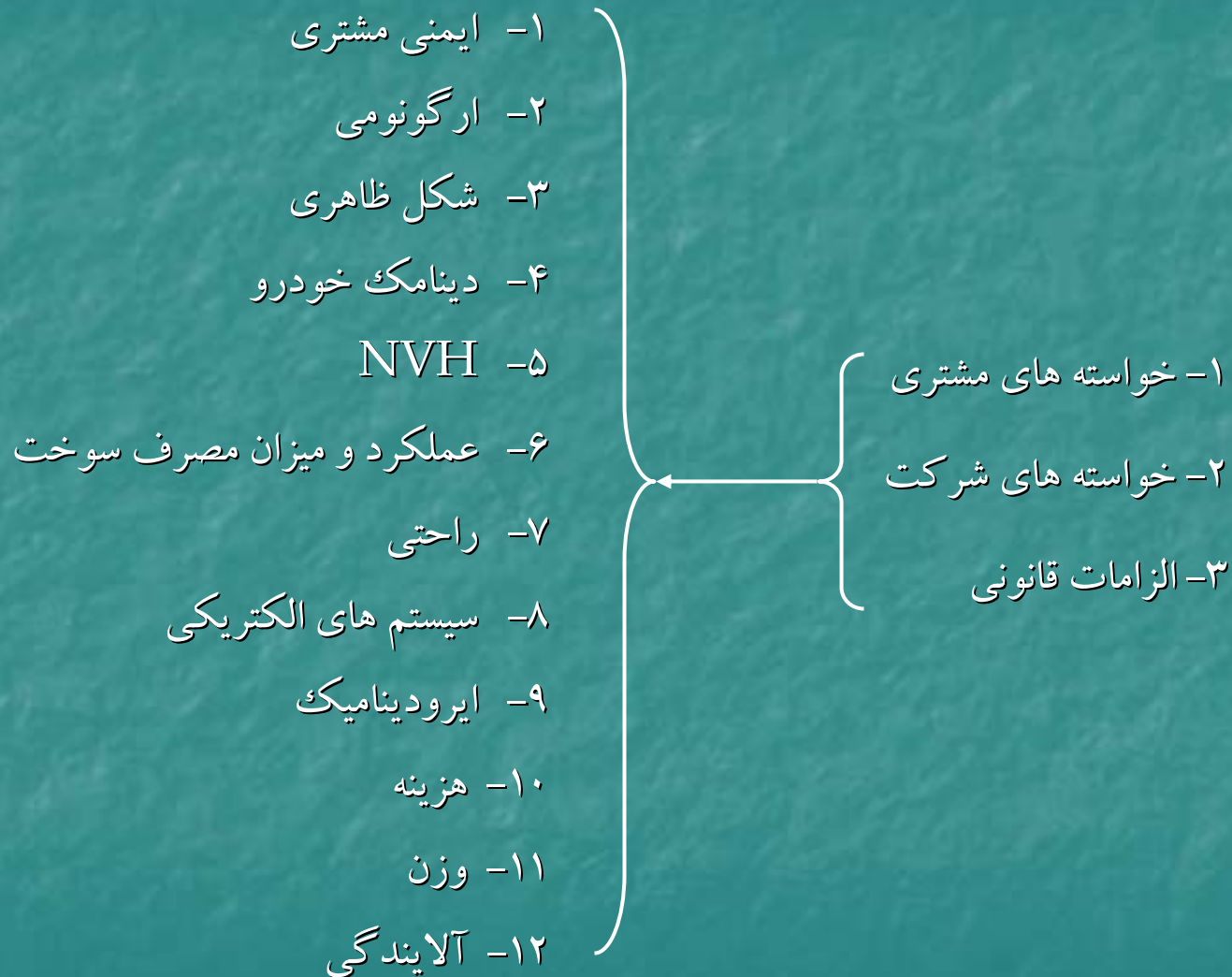
Vehicles Partitioning

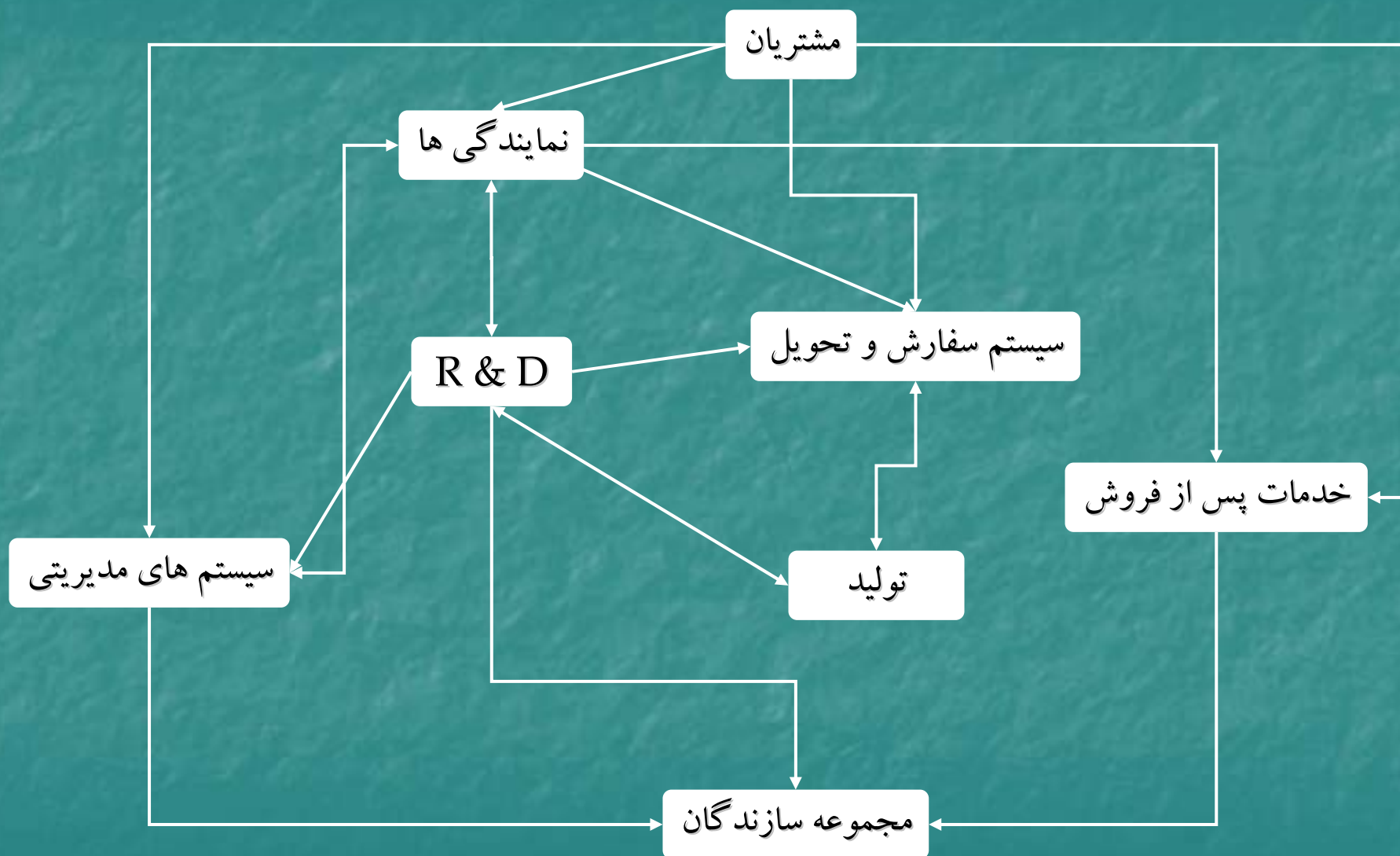
تقسیم بندی خودرو به زیر سیستم ها :

به منظور برآورد هزینه های طراحی و توسعه و همچنین برآورد توزیع قیمت تمام شده یک محصول می بایست تقسیم بندی سیستم های اصلی محصول صورت می گیرد .

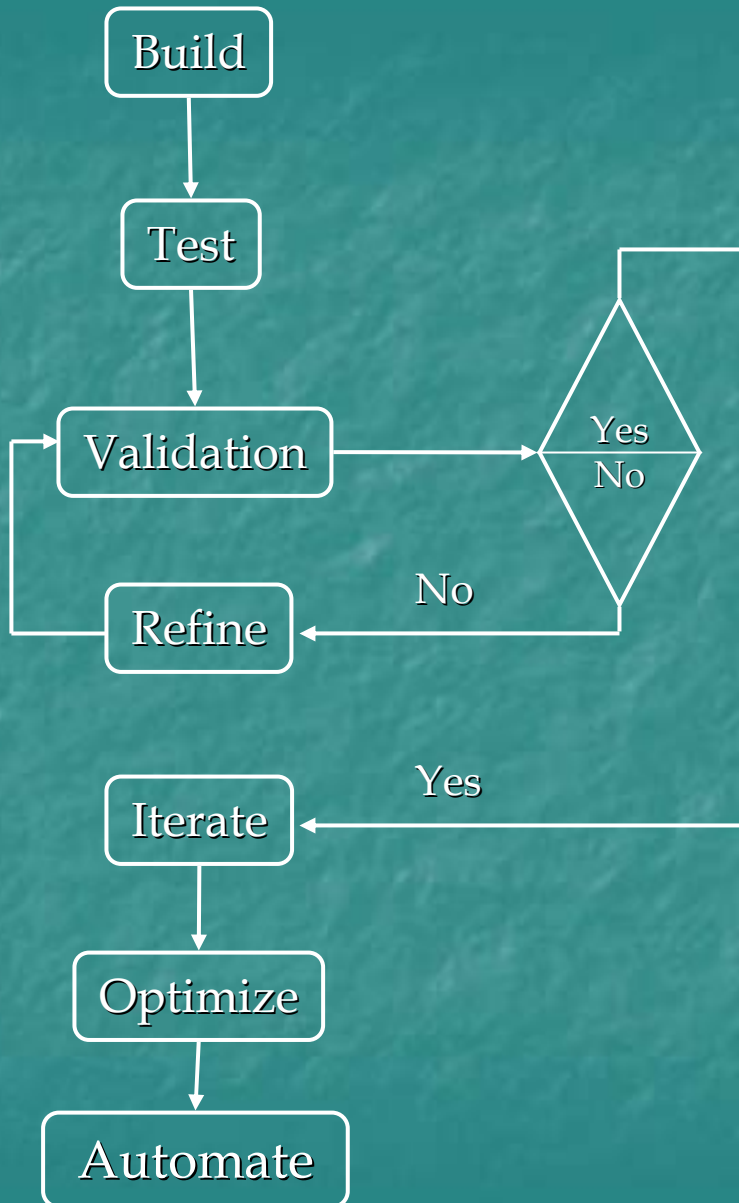


ویژگیهای خودرو:





Virtual Prototyping



در یک مسئله طراحی که قرار است از شبیه سازی مجازی استفاده گردد در مرحله ابتدایی پروژه ایجاد پایگاه داده ها و اطلاعات مربوط به پروژه و حفظ و نگه داری از آن الزامیست .

در محیط نرم افزاری که قرار است کار در آن صورت پذیرد تنظیمات اولیه انجام شده و سپس هندسه سیستم با جزئیات کافی (اتصالات و نوع سازه و ...) مدل سازی می شود و بعد از آن به معرفی مواد تشکیل دهنده می پردازیم

در بحث آزمایش که بحث اصلی شبیه سازی است مدل ارائه شده اجراء می شود . برای این کار ابتدا شرایط مرزی اعمال شده سپس حسگرهای مناسب انتخاب و در محل های مورد نظر قرار می گیرد . حال با اعمال نیروهای بیرونی حرکت مدل را مورد بررسی قرار می دهیم .

برای تایید برنامه اجرا شده نیاز به اطلاعات و یا داده های آزمایشگاهی می باشد که بصورت تجربی موجود بوده و یا از موارد مشابه انجام شده قبلی در بانک اطلاعاتی موجود می باشد .

در این مرحله مقایسه بین داده های آزمایشگاهی و مدل صورت می پذیرد .

تصحیح بر روی مدل انجام شده تا رفتار مدل به رفتار آزمایشگاهی و یا داشته های تجربی قبلی نزدیک شود .

کار تصحیح به پایان می رسد و در مرحله بعدی با ایجاد و معرفی پارامترهای متغیر طراحی به بهسازی متغیر مسئله توسط آنالیز حساسیت می پردازیم .

طراحی بدنه و شاسی خودرو از لحاظ مهندسی :

CAE (1) (Computer Aided Engineering)

در این بخش تمام تحلیل های خطی (سختی پیچشی _ سختی خمشی _ آنالیز مدال _ کلیه تحلیل های تنش _ ...) و تحلیل های غیر خطی (ضربه _ تصادف) انجام می شود .

VDS (2) (Vehicle Dynamics System)

Performance - 1

Ride - 2

Handling - 3

NVH (3) (Noise Vibration Harshness)

CFD (4) (Computer Fluid Dynamics)

اصول طراحی بدنه و مراحل آن :

تعریف شکل ظاهری و ترسیم در حالت سه بعدی و سه نما با مقیاس ۱ به ۵ (اتود زنی)

انتقال طرح به دستگاه CNC توسط نرم افزار و تراش قالب های چوبی یا سفالی و اصلاح دستی قالب ها

با استفاده از CMIN می توان اطلاعات اصلاح شده مدل را به کامپیوتر برگرداند .

فرستادن طرح های کامپیوتری به دستگاه آیرودینامیک در صورت نیاز

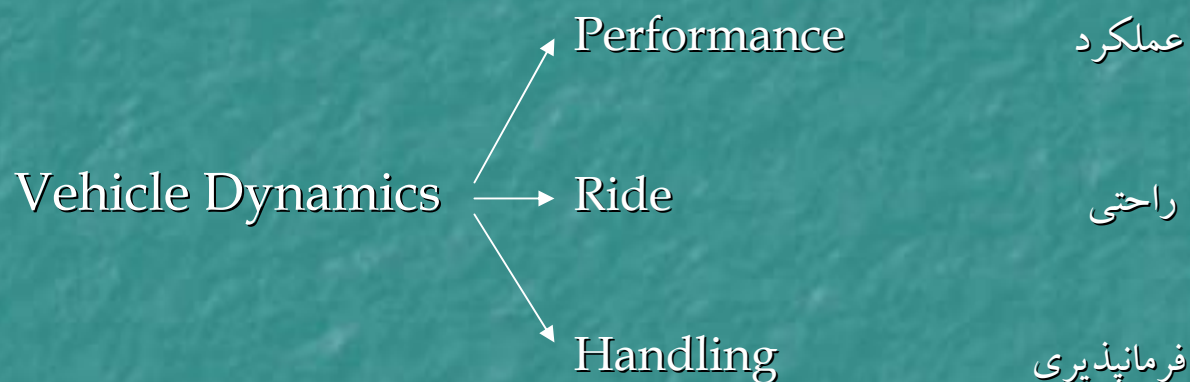
ساخت نمونه اولیه به صورت زیر :

- ۱- ساخت مدل گلی
- ۲- ساخت قالب از مواد کامپوزیتی که نگاتیو است
- ۳- ساخت قالب پازیتیو از روی قالب قبلی
- ۴- پر نمودن قالب از موادی نظیر ماسه جهت استحکام
- ۵- ساخت قالب از ورق فلزی به وسیله چکش و ابزار دیگر از روی قالب مورد نظر

سوار نمودن قطعات بر روی هم تا یک بدنه فلزی تولید گردد .

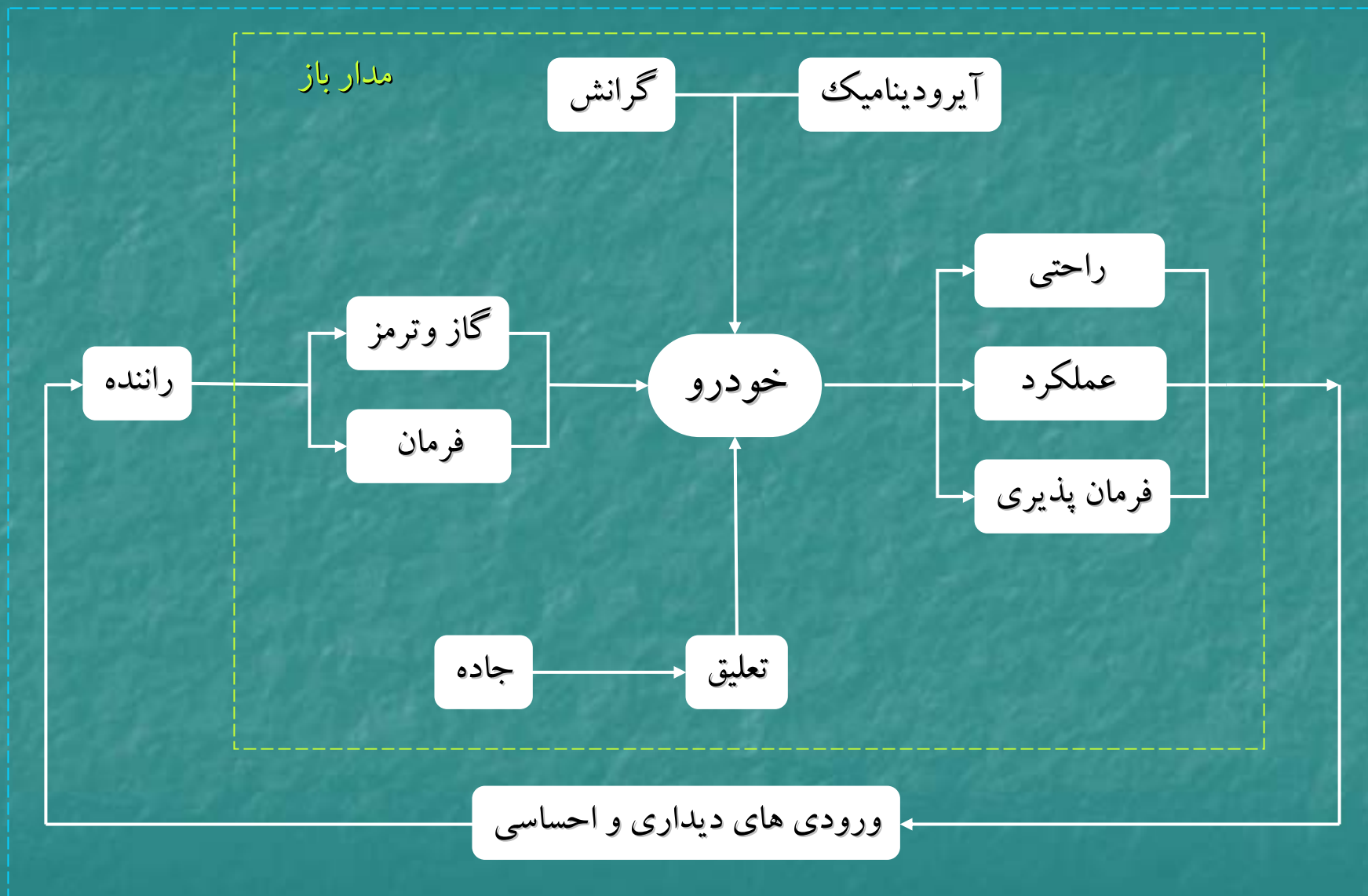
بررسی مدل از نظر ارگونومی ، زوایای دید و ...

دینامیک خودرو :



ره آورد بررسی دینامیکی خودرو فراهم آوردن طراحی بهینه در صنایع خودرو سازی برای تامین آسایش و ایمنی سرنشین ، کنترل پذیری و پایداری خودرو است .
هدف این دانش شناسایی و گسترش اصولی برای توسعه منطقی طراحی ، ارزیابی و برگزینی پارامترهای خودرو برای رسیدن به شرایط دلخواه و کارایی بهینه است .

مدار بسته



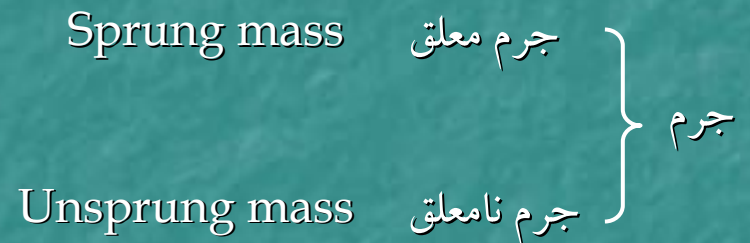
نگرش های دینامیکی خودرو :

۱- نگرش گسسته :

بررسی رفتار دینامیکی زیر بخش های خودرو مانند : چرخ ، فنر ، ضربه گیر و ...

۲- نگرش پیوسته :

در این نگرش خودرو مجموعه ای یکتا در نظر گرفته شده که رفتار آن رفتار تک تک قطعات و زیر بخش های آن است .

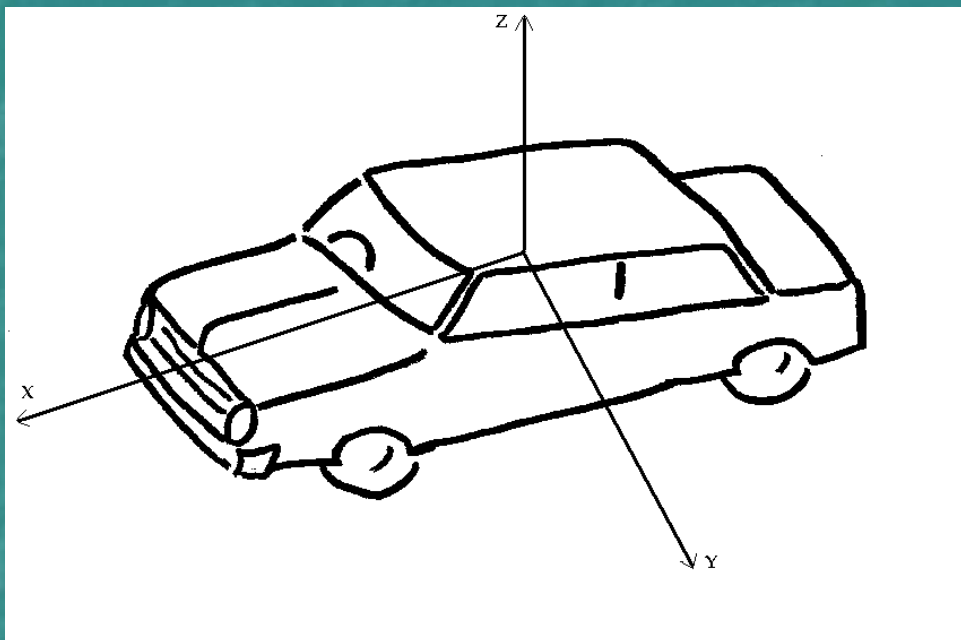


Sprung mass : بخش هایی از خودرو که روی فنر ها سوار است مانند : اسکلت خودرو ، موتور ، سرنشین و ...

Unsprung mass : بخش هایی از خودرو که روی فنر ها سوار نیستند مانند : چرخ ، محور ، دیفرانسیل و ...

یکی از نکات مهم طراحی دینامیکی خودرو کاهش جرم نامعلق است زیرا سبب حرکت خشن می گردد و غیر قابل کنترل است زیرا در تماس مستقیم با جاده بوده و از آن پیروی می کند .

خودرو ۶ درجه آزادی :



X	حرکت در راستای	Longitudinal
Y	حرکت در راستای	Lateral
Z	حرکت در راستای	Vertical
X	چرخش حول محور	Roll
Y	چرخش حول محور	Pitch
Z	چرخش حول محور	Yaw

خودروی ۹ درجه آزادی نیز به مانند ۶ درجه آزادی بوده ولی بجای یک حرکت در راستای عمودی برای هر چرخ یک حرکت در نظر گرفته می شود .

مدهای حرکتی خودرو:

۱- عملکرد:

به شتاب گیری، ترمز گیری، چیرگی بر شیب جاده و گنجایش بار مربوط است. بازدهی زنجیره توان، ویژگی های اصطکاکی تایر و آرایش زنجیره توان شاخص های مهم عملکرد می باشند.

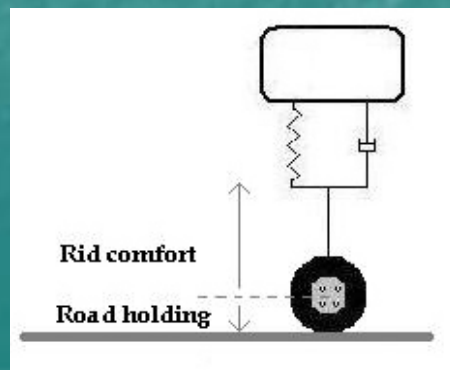
۲- راحتی:

Rid comfort:

مرتبط به لرزش های خودرو بر اثر ناهمواری های جاده و دیگر منابع آشفتگی است. تاثیر آن بر سرنشین و جداسازی آن از خودرو.

Road holding:

مربوط به چسبندگی تایر و جاده است. شاخص قرار پذیری نیروهای عمودی میان تایر و جاده است که تغییرات کمتر آنها مطلوب است



راحتی سرنشین: شتاب اعمالی به سرنشین یکی از مهمترین پارامترهای راحتی سرنشین می باشد. استانداردهایی برای مرزهای آسایش و واکنش انسان به ارتعاشات اعمالی وجود دارد. طبق استاندارد SAE سه حد برای راحتی انسان تعریف می شود:

- SAE
- ۱- حد آسایش: حدی که انسان بر راحتی می تواند کارهای روزانه را انجام دهد.
 - ۲- حد خستگی: حدی که پس از آن انجام کارهای دقیق به خطر می افتد.
 - ۳- حد تحمل: حدی که پس از آن به انسان حالت سرگیجه و بی هوشی دست دهد.

۳- فرمانپذیری:

فرمانپذیری واژه‌ای برای نمایاندن رفتار گردشی خودرو بوده و بیانگر پاسخ خودرو به راننده و توانایی پایدارسازی مسیر حرکت در برابر آشفتگی‌ها است. بطور کلی فرمانپذیری قسمتی از راحتی و سادگی کنترل خودرو می باشد. به عبارتی دیگر خوش فرمانی کیفیتی از خودرو است که با احساس راننده از خودرو مرتبط بوده بنابراین نه تنها ویژگی‌های سیستم و دینامیکی خودرو را بلکه عملکرد کلی خودرو، راننده و جاده را نیز در بر می گیرد.

Handling	Cornering	حرکت کناری
	Turning	حرکت چرخشی
	Directional response	پاسخ جهت

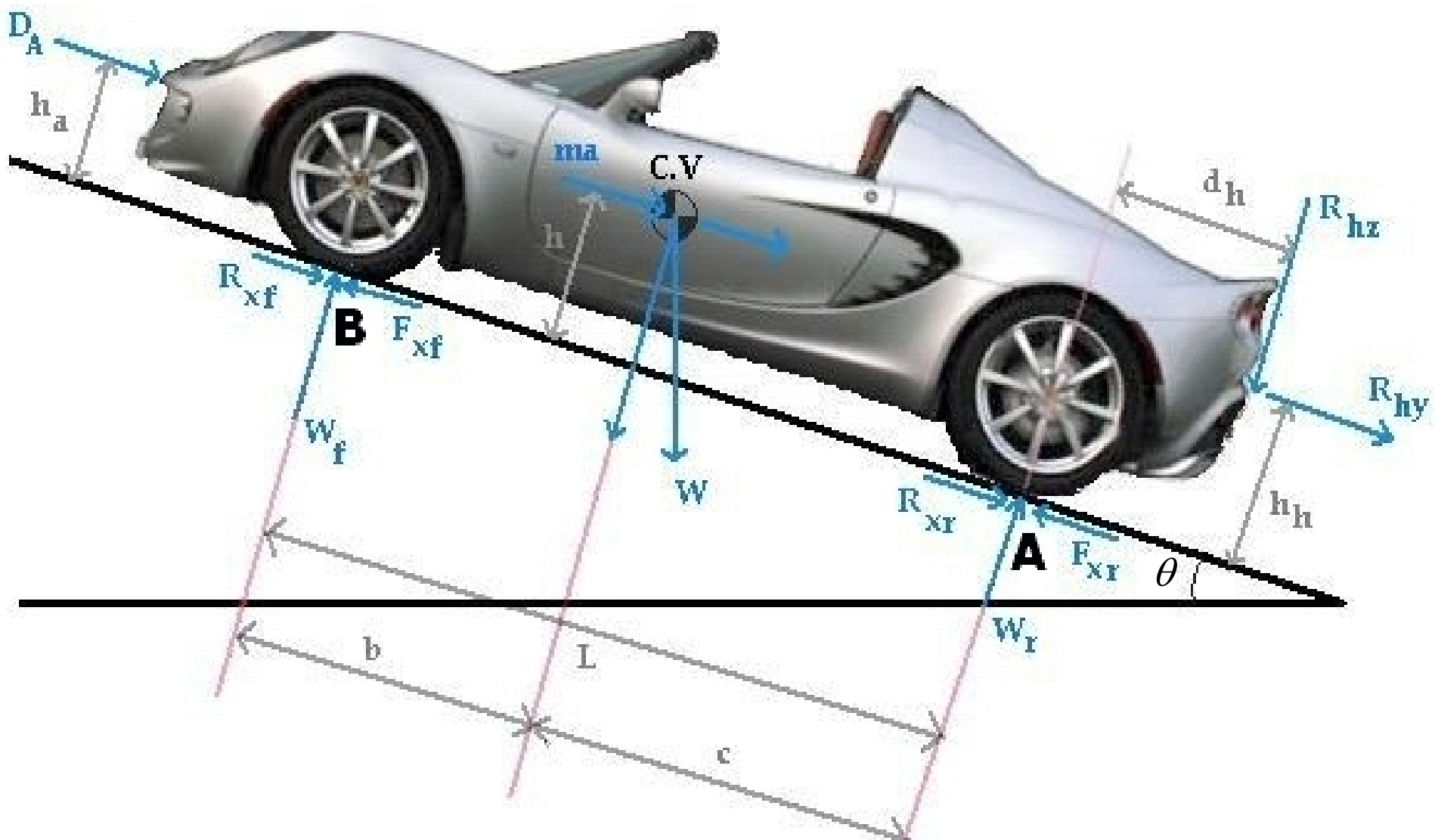
ناپایداری {
ناپایداری غلتشی
ناپایداری چرخشی

Rollover : خودرو به اندازه ۹۰ درجه حول محور طولی خود می چرخد و با زمین تماس می یابد .

Spiaut : خودرو ناخواسته حول محور قائم خود می چرخد .
خودرویی پایدار است که پس از حذف اغتشاش اعمالی در زمانی کوتاه به حالتی یکنواخت و پایدار می رسد .

خودرو {
Laden : باک + سرنشین ها + بار سقف + بار صندوق عقب + وزن خالص خودرو
Unladen : باک + دو سرنشین + وزن خالص خودرو

بارهای دینامیکی وارد بر اکسل خودرو:



حول نقطه A در جهت عقربه های ساعت گشتاور می گیریم :

$$W_f L + D_A h_a + \frac{W}{g} a_x h + R_{hy} h_h + R_{hz} d_h + Wh \sin \theta - Wc \cos \theta = 0$$

$$W_f = \frac{-D_A h_a - \frac{W}{g} a_x h - R_{hy} h_h - R_{hz} d_h - Wh \sin \theta + Wc \cos \theta}{L}$$

به طریقی مشابه حول نقطه B در جهت عقربه های ساعت گشتاور می گیریم :

$$W_r = \frac{D_A h_a + \frac{W}{g} a_x h + R_{hy} h_h + R_{hz} (d_h + L) + Wh \sin \theta + Wb \cos \theta}{L}$$

۱- فقط بارهای استاتیکی :

$$W_f = \frac{Wc}{L}$$

$$W_r = \frac{Wb}{L}$$

۲- شتاب در سرعت پایین :

$$W_f = \frac{Wc}{L} - \frac{Wa_x h}{gL}$$

$$W_r = \frac{Wb}{L} + \frac{Wa_x h}{gL}$$

۳- بارهای روی سطح شیب دار :

$$\begin{cases} \cos \theta \cong 1 \\ \sin \theta \cong \theta \end{cases}$$

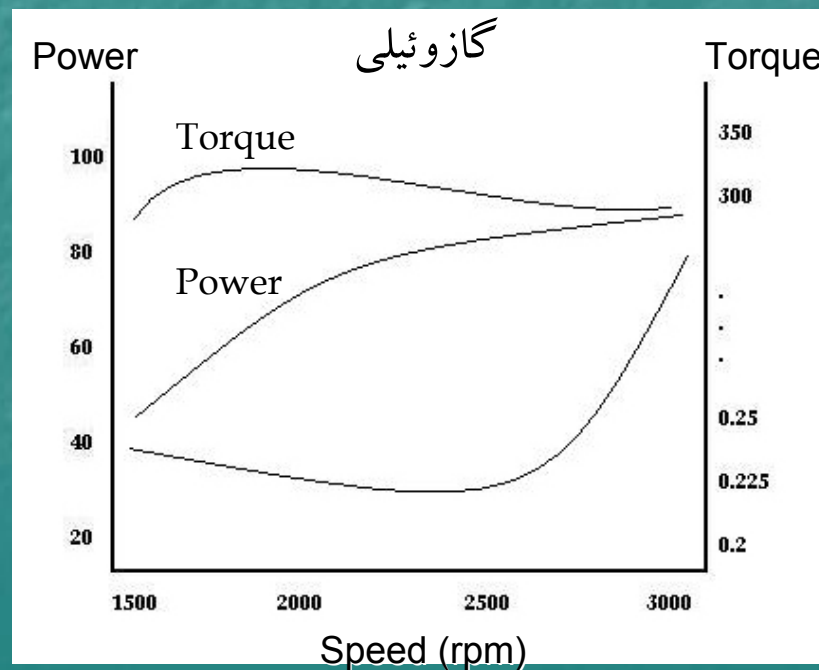
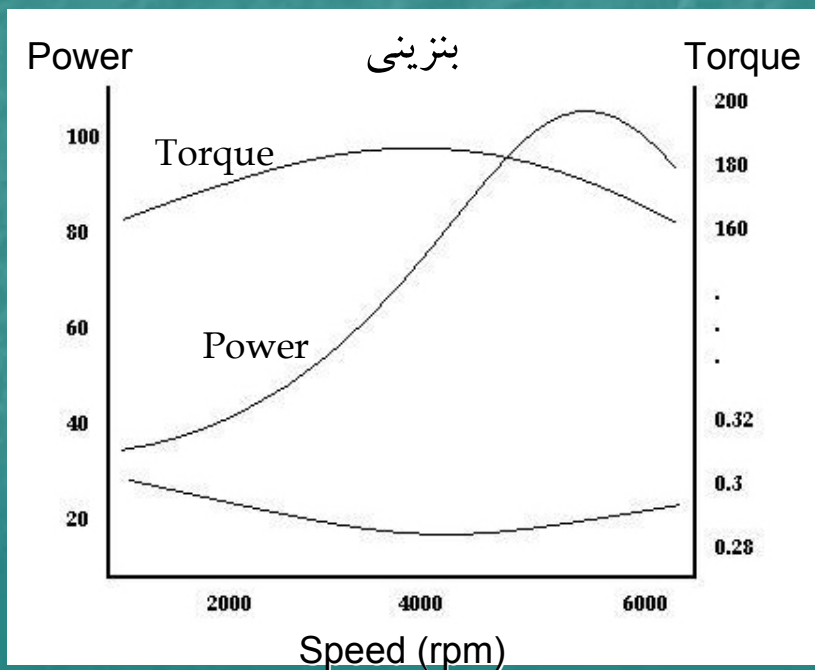
$$W_f = W \left(\frac{c}{L} - \frac{h}{L} \theta \right) = W_{fs} - \frac{Wh}{L} \theta$$

$$W_r = W \left(\frac{b}{L} + \frac{h}{L} \theta \right) = W_{rs} + \frac{Wh}{L} \theta$$

شتاب :

حداکثر شتاب در راستای طولی خودرو را یکی از دو محدودیت قدرت موتور یا نیروی رانشی چرخ ها تعیین می کند .
در سرعت کم رانش تایر و در سرعت زیاد قدرت موتور عامل محدود کننده است .

Performance { Acceleration $a > 0$ } Traction-limited Acc
Deceleration $a < 0$ } Power-limited Acc

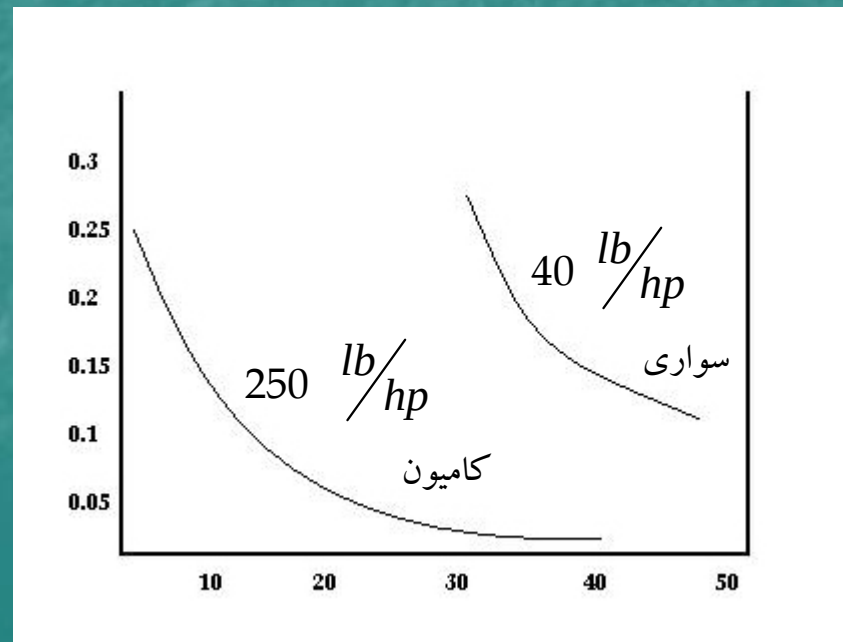


$$hp = \frac{T(ft.lb) \times \omega(rad/sec)}{550} = \frac{T(ft.lb) \times n(rpm)}{5252}$$

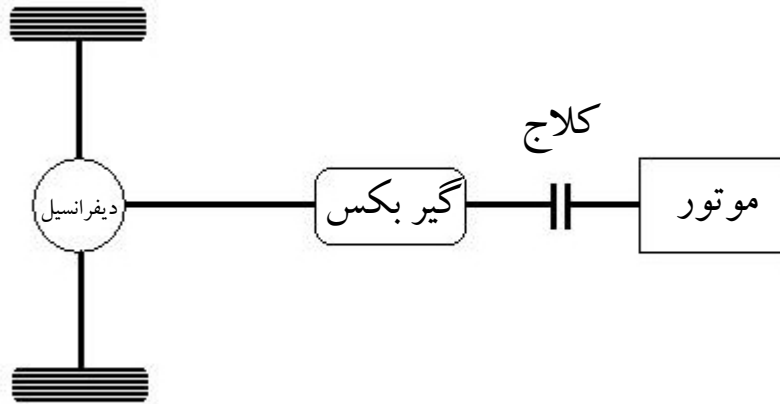
$$F_x = ma_x \Rightarrow a_x = \frac{F_x}{m} = \frac{1}{m} F_x \quad (I)$$

$$P = F_x \times V \Rightarrow F_x = \frac{P}{V} \quad (II)$$

$$(I), (II) \Rightarrow a_x = \frac{1}{m} \frac{P}{V} = \frac{g}{W} \frac{P}{V} \Rightarrow a_x = 550 \frac{g}{V} \frac{hp}{W}$$



زنجیره توان :



$$T_c = T_e - I_e \alpha_e$$

$\Rightarrow$

$$T_d = (T_c - I_t \alpha_e) N_t$$

نسبت دنده
گیربکس

گشتاور خروجی
گاردان

گشتاور
کلاچ

ممان اینرسی
گیربکس

$$T_a = (T_d - I_d \alpha_d) N_f \quad (I)$$

گشتاور
پلوس

ممان اینرسی
دیفرانسیل

شتاب دورانی
دیفرانسیل

نسبت دنده
دیفرانسیل

شتاب زاویه ای چرخ

$$\alpha_d = N_f \alpha_w \Rightarrow T_a = F_x r + I_w \alpha_w \quad (II)$$

$$(I), (II) \Rightarrow F_x r + I_w \alpha_w = (T_d - I_d \alpha_d) N_f \quad \alpha_w = \frac{a_x}{r}$$

$$\alpha_e = N_t \alpha_d$$

$$\Rightarrow \alpha_e = N_t N_f \alpha_w$$

$$\alpha_d = N_f \alpha_w$$

$$\Rightarrow F_x = \frac{T_e N_{tf}}{r} - \left[(I_e + I_t) N_{tf}^2 + I_d N_f^2 + I_w \right] \frac{a_x}{r^2}$$

$$\Rightarrow F_x = \frac{T_e N_{tf} \eta_{tf}}{r} - \left[(I_e + I_t) N_{tf}^2 + I_d N_f^2 + I_w \right] \frac{a_x}{r^2}$$

معادله بالا یک فرمول را برای نیروی رانش موتور ارائه می دهد که شامل دو جزء است :

۱- اولین عبارت جبری که شامل حاصلضرب گشتاور موتور در نسبت ترکیبی دندهاست که این عبارت نیروی رانش ثابت و موجود در زمین را برای خنثی کردن نیروهای جاده ای برای سرعت گرفتن و یا بالا رفتن از شیب جاده را نشان می دهد .

$$\frac{T_w}{T_c} = N_{tf} \quad \rightarrow \quad F_x r = T_e N_{tf} \quad \Rightarrow \quad F_x = \frac{T_e N_{tf}}{r}$$

۲- نشان دهنده افت نیروی رانش ناشی از اینرسی موتور و اجزاء متحرک است .

$$\left\{ \begin{matrix} F_x \\ Ma_x \end{matrix} \right. = \frac{T_e N_{tf} \eta_{tf}}{r} - \left[\frac{(I_e + I_t) N_{tf}^2 + I_d N_f^2 + I_w}{r^2} \right] a_x - R_x - D_A - R_{hy} - W \sin \theta$$

$\begin{matrix} 1 & 4 & 4 & 4 & 4 & 4 & 2 & 4 & 4 & 4 & 4 & 3 \\ M_r \end{matrix}$

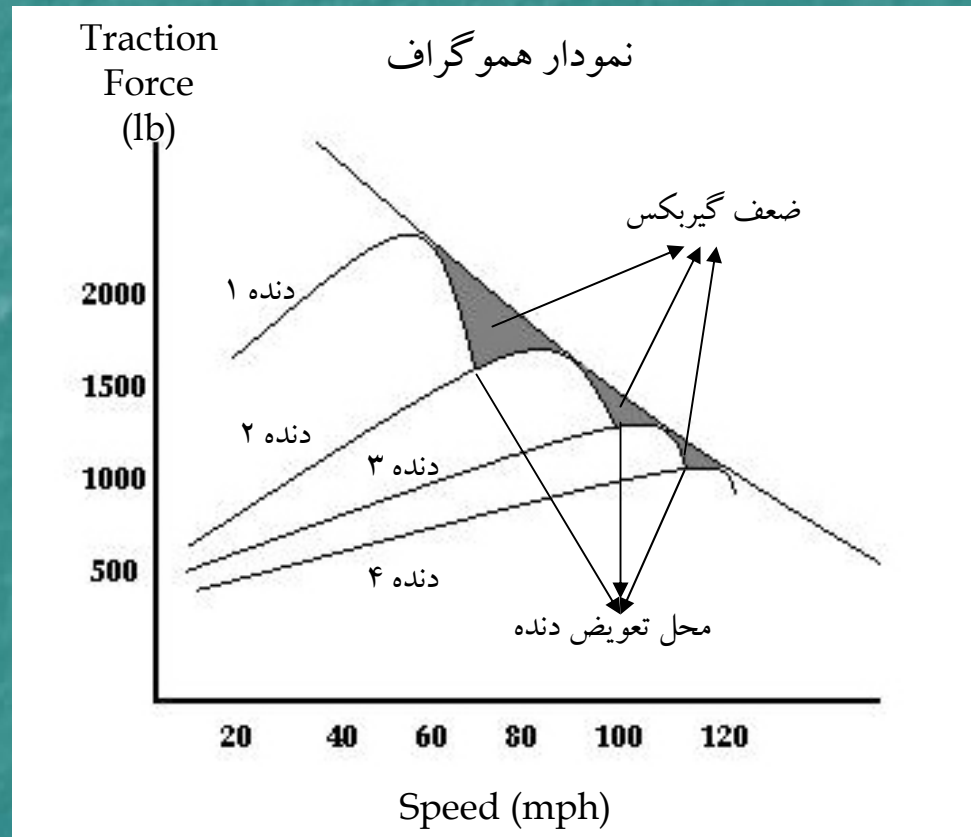
$$(M + M_r) a_x = \frac{T_e N_{tf} \eta_{tf}}{r} - R_x - D_A - R_{hy} - W \sin \theta$$

$$\text{Mass factor} = \frac{M + M_r}{M}$$

انواع خودرو	دنده سبک	دنده ۲	دنده ۱	دنده سنگین
سواری کوچک	1.11	1.2	1.5	2.4
سواری بزرگ	1.09	1.14	1.3	---
کامیون و تریلر	1.09	1.2	1.6	2.5

نسبت جرم از رابطه تجربی زیر نیز بدست می آید :

$$\text{Mass factor} = 1 + 0.04 + 0.095 N_{tf}^2$$

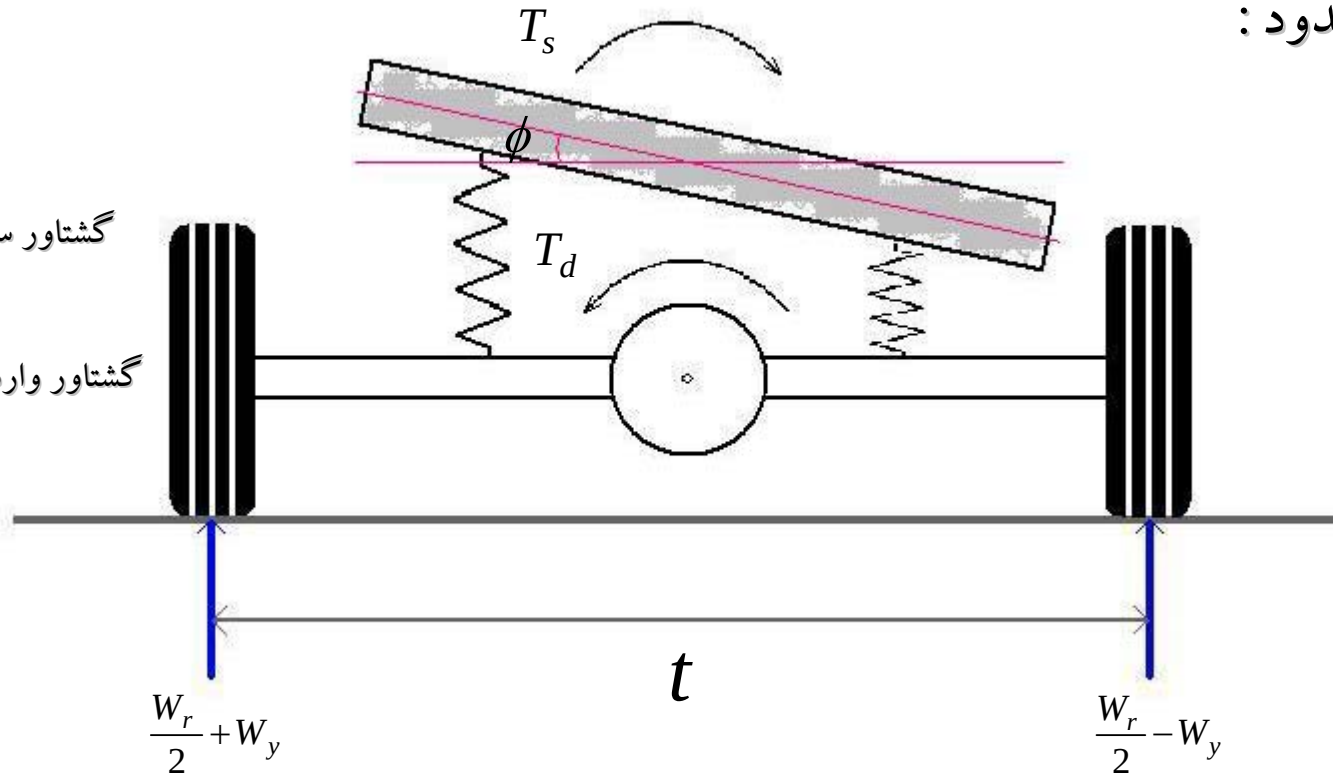


برای بیشینه عملکرد شتاب بهترین نقطه انتقال بین دنده ها در نقطه ای است که منحنی ها همدیگر را قطع می کنند .

رانش محدود :

$T_s =$ گشتاور سیستم تعلیق

$T_d =$ گشتاور وارده از گاردان

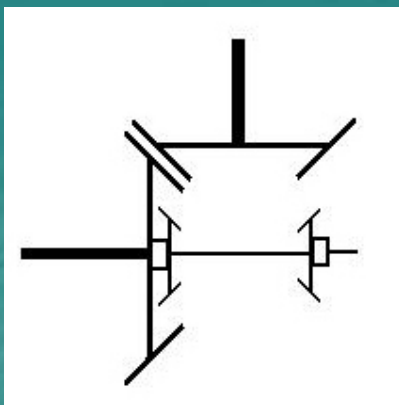


$$\sum T_o = \left(\frac{W_r}{2} + W_y - \frac{W_r}{2} + W_y \right) \frac{t}{2} - T_d + T_s = 0$$

$$W_y = (T_d - T_s) / t \quad (I)$$

نیروی اعمالی به زمین
از طریق گشتاور گاردان

$$\text{از طرفی داریم: } T_d = F \times r / N_f \quad (II) \quad \Rightarrow \quad N_f = \frac{F \times r}{T_d}$$



چون گشتاور در دیفرانسیل از یک طرف وارد می شود بنابراین این گشتاور مضر بوده و باید محاسبه گردد .

عکس العمل گشتاور محرک در گیربکس یا موتور به شاسی انتقال پیدا کرده و بین تعلیق های عقب و جلو تقسیم می شود. بطور کلی گشتاور پیچشی ایجاد شده بوسیله سیستم تعلیق با زاویه پیچش شاسی برابر است .

$$K_{\phi} = K_{\phi_f} + K_{\phi_r}$$

سختی محور عقب

سختی محور جلو

گشتاور پیچشی جلو

$$T_{sf} = K_{\phi_f} \phi$$

گشتاور پیچشی عقب

$$T_{sr} = K_{\phi_r} \phi$$

$$T_d = K_\phi \phi$$

$$\Rightarrow \quad \phi = \frac{T_d}{K_\phi} = \frac{T_d}{(K_{\phi_f} + K_{\phi_r})} \quad (III)$$

$$(I), (II), (III) \quad \Rightarrow \quad W_y = \frac{F_x \times r}{N_f t} \left[1 - \frac{K_{\phi_r}}{K_\phi} \right]$$

$$W_r = W \left(\frac{b}{L} + \frac{a_x}{g} \frac{h}{L} \right) = W \left(\frac{b}{L} + \frac{F_x}{mg} \frac{h}{L} \right)$$

$$W_{rr} = \frac{W_r}{2} - W_y \quad \Rightarrow \quad W_{rr} = \left(\frac{Wb}{2L} + \frac{F_x \times h}{2L} - \frac{F_x \times r}{N_f t} \frac{K_{\phi_f}}{K_\phi} \right)$$

$$F_x = 2\mu W_{rr} = 2\mu \left(\frac{Wb}{2L} + \frac{F_x \times h}{2L} - \frac{F_x \times r}{N_f t} \frac{K_{\phi_f}}{K_\phi} \right)$$

$$F_{xMAX} = \frac{\mu \frac{Wb}{L}}{1 - \frac{h}{L} \mu + \frac{2 \mu r}{N_f t} \frac{K_{\phi f}}{K_{\phi}}}$$

دیفرانسیل های بدون قفل
برای چرخ های عقب

$$F_{xMAX} = \frac{\mu \frac{Wb}{L}}{1 - \frac{h}{L} \mu}$$

دیفرانسیل های با قفل
برای چرخ های عقب

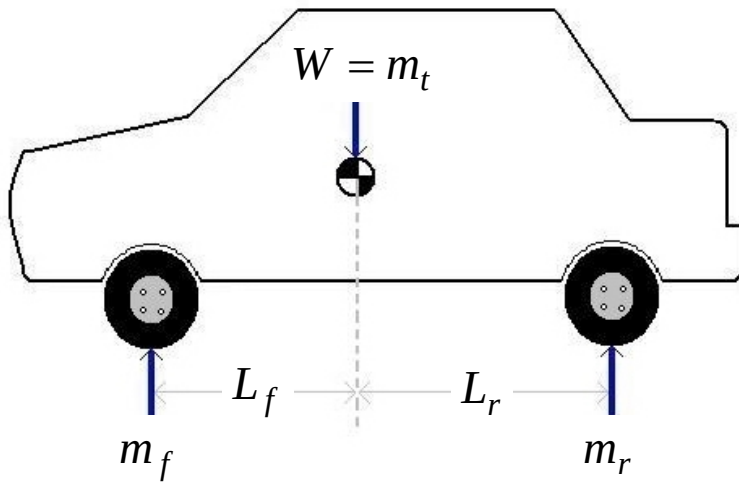
$$F_{xMAX} = \frac{\mu \frac{Wc}{L}}{1 + \frac{h}{L} \mu + \frac{2 \mu r}{N_f t} \frac{K_{\phi r}}{K_{\phi}}}$$

دیفرانسیل های بدون قفل
برای چرخ های جلو

$$F_{xMAX} = \frac{\mu \frac{Wc}{L}}{1 + \frac{h}{L} \mu}$$

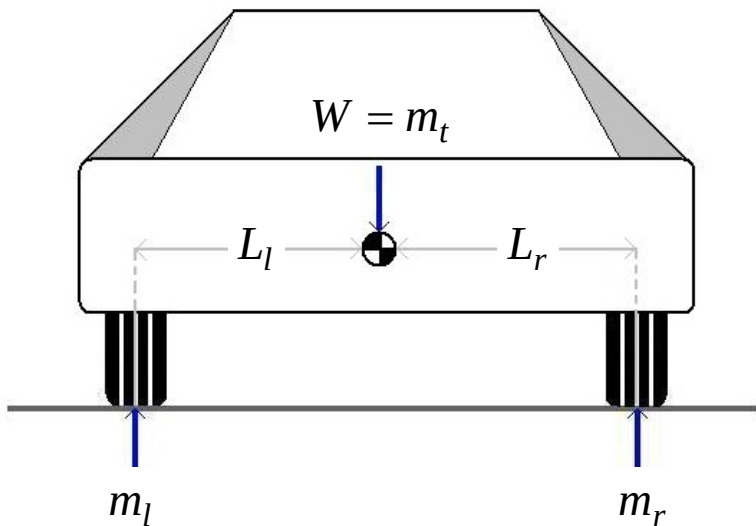
دیفرانسیل های با قفل
برای چرخ های جلو

طریقه محاسبه مرکز ثقل خودرو:



$$L_f = \frac{m_r}{m_t} \times L$$

فاصله مرکز ثقل از مرکز اکسل جلو



$$L_l = \frac{m_r}{m_t} \times t$$

فاصله مرکز ثقل از مرکز چرخ چپ

بدست آوردن ممان اینرسی خودرو :

$$I_{xx} = \int R(x)^2 dm = \int (y^2 + z^2) dm$$

$$I_{yy} = \int R(y)^2 dm = \int (x^2 + z^2) dm$$

$$I_{zz} = \int R(z)^2 dm = \int (x^2 + y^2) dm$$

$$\rightarrow \begin{cases} I_{s,xx} = m_s i^2_{Body,x} \\ I_{s,yy} = m_s i^2_{Body,y} \\ I_{s,zz} = m_s i^2_{Body,z} \end{cases}$$

Load	$i^2_{Body, x}$	$i^2_{Body, y}$	$i^2_{Body, z}$
خودروی خالی	0.65	1.21	1.2
با دو سرنشین	0.64	1.13	1.15
با چهار سرنشین	0.6	1.1	1.14
Laden	0.56	1.13	1.18

بطور تجربی رابطه زیر موجود می باشد :

$$I_{zz} = 0.1269 m l_t l$$

Braking

ترمز:

$$M_{ax} = -\frac{W}{g} D_x = -F_{xf} - F_{xr} - D_A - W \sin \theta$$

$$D_x = \frac{F_x t}{M} = -\frac{dV}{dt}$$

مجموع نیروهای موثر بر طول خودرو

سرعت پیش برنده خودرو

$$\int_{V_0}^V dV = -\frac{F_x t}{M} \int_0^{t_s} dt$$

$$V_0 - V_f = \frac{F_x t}{M} t_s$$

$$V_0^2 - V_f^2 = 2 \frac{F_x t}{M} x_{SD}$$

$$t_s = \frac{V_0}{\frac{F_x t}{M}} = \frac{V_0}{D_x}$$

$$SD = \frac{V_0^2}{2 \frac{F_x t}{M}} = \frac{V_0^2}{2 D_x}$$

شتاب کند شونده بر اثر مقاومت سیال هوا :

$$\sum F_x = F_b + CV^2$$

نیروی آیرودینامیکی درگ $\rightarrow$

ضریب درگ $\rightarrow$

$$\int_0^{SD} dx = M \int_{V_0}^0 \frac{Vdv}{F_b + CV^2} \longrightarrow SD = \frac{M}{2C} \ln \left[\frac{F_b + CV_0^2}{F_b} \right]$$

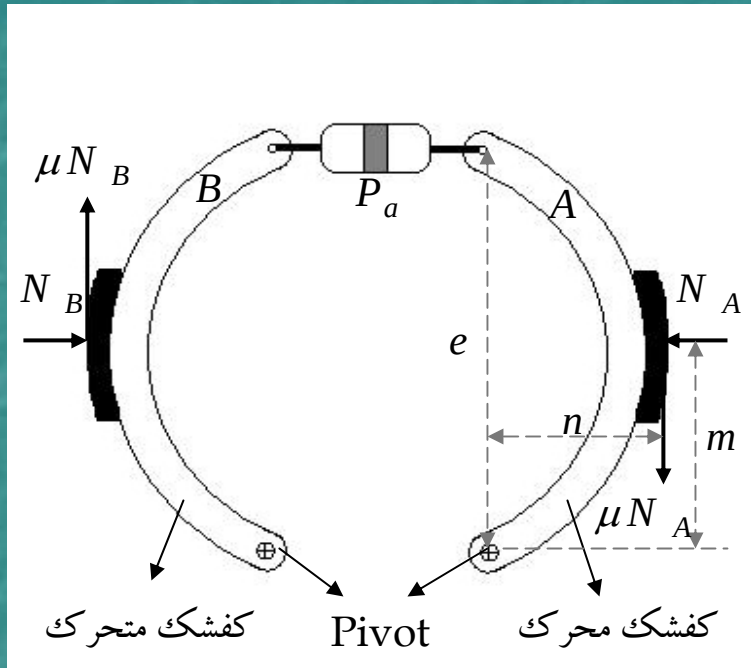
انرژی و توان :

$$E = \frac{M}{2} [V_0^2 - V_f^2] = \frac{M}{2} V_0^2$$

$$P = \frac{MV_0^2}{2t_s}$$

محاسبه توان تلف شده جهت بدست آوردن اطلاعات لازم برای سیستم ترمز یک خودرو لازم است .
برای مثال برای توقف یک خودروی ۳۰۰۰ پوندی با حداکثر نیرو از سرعت ۸۰ مایل در ساعت نیازمند جذب ۶۵۰ هزار فوت پوند انرژی هستیم .

ترمز کفشکی :



$$\sum M_0 = 0 \Rightarrow (P_a \times e) - (N_A \times m) + (\mu N_A \times n) = 0$$

$$P_a e = N_A (m - \mu n)$$

لنت سمت راست

$$\frac{N_A}{P_a} = \frac{e}{m - \mu n}$$

لنت سمت چپ

$$\frac{N_B}{P_a} = \frac{e}{m + \mu n}$$

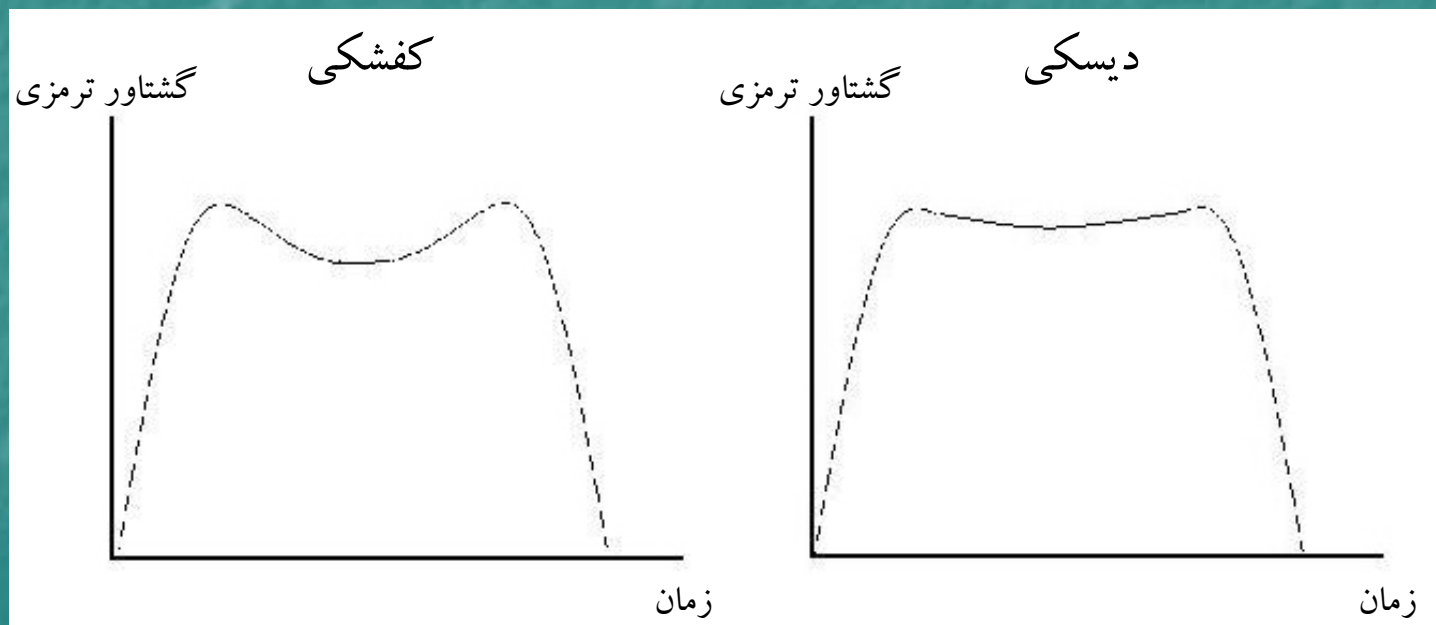
$$\begin{cases} N_A > N_B \longrightarrow \text{دنده جلو} \\ N_B > N_A \longrightarrow \text{دنده عقب} \end{cases}$$

ضریب ترمز :

نسبت نیروی عمودی بین لنت ها به نیروی اعمالی سیلندر چرخ .

$$\text{ضریب ترمز} = \frac{\text{نیروی عمودی روی لنت ها}}{\text{نیروی اعمالی سیلندر چرخ}}$$

استفاده از ضریب ترمز بالا حساسیت ضریب ترمز ، صروصدا و جیرجیر کردن ترمز را به همراه دارد .



اصطکاک چرخ و جاده :

دو نوع ارتباط بین چرخ و جاده وجود دارد .

۱- چسبندگی سطح

۲- پسماند کلی

استاندارد ترمزی : هیدرولیکی 105 FMVSS

پنوماتیکی 121

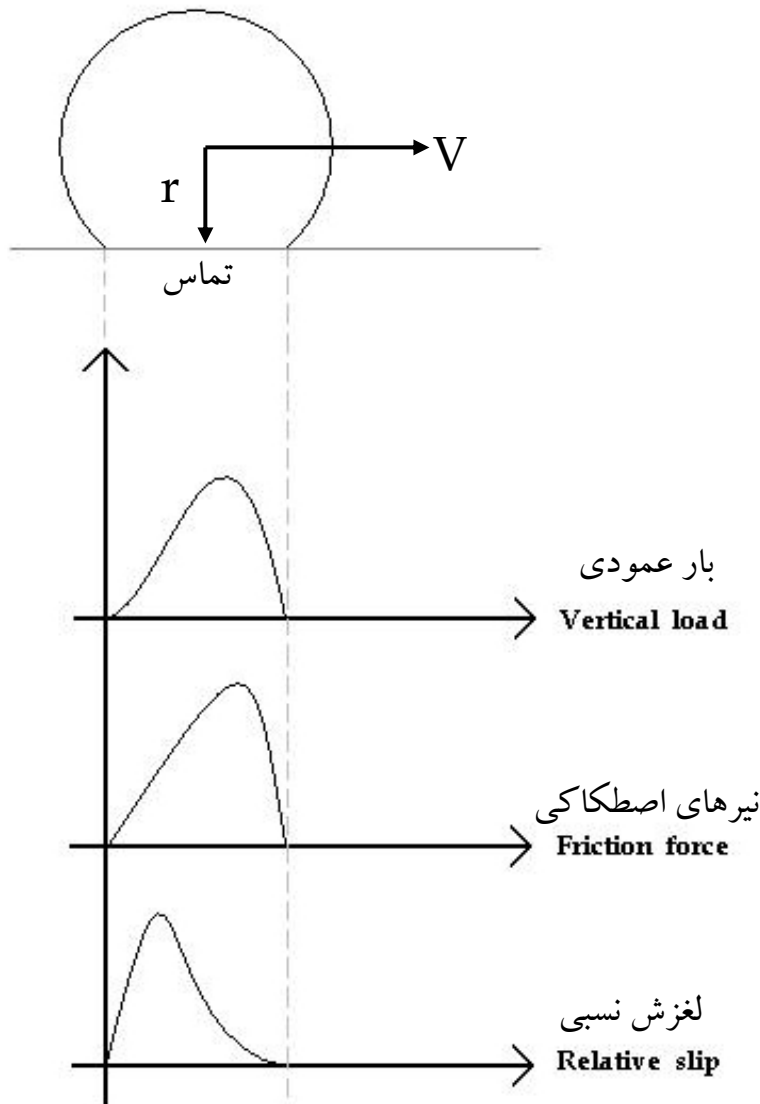
Federal Motor Vehicle Safety Standard

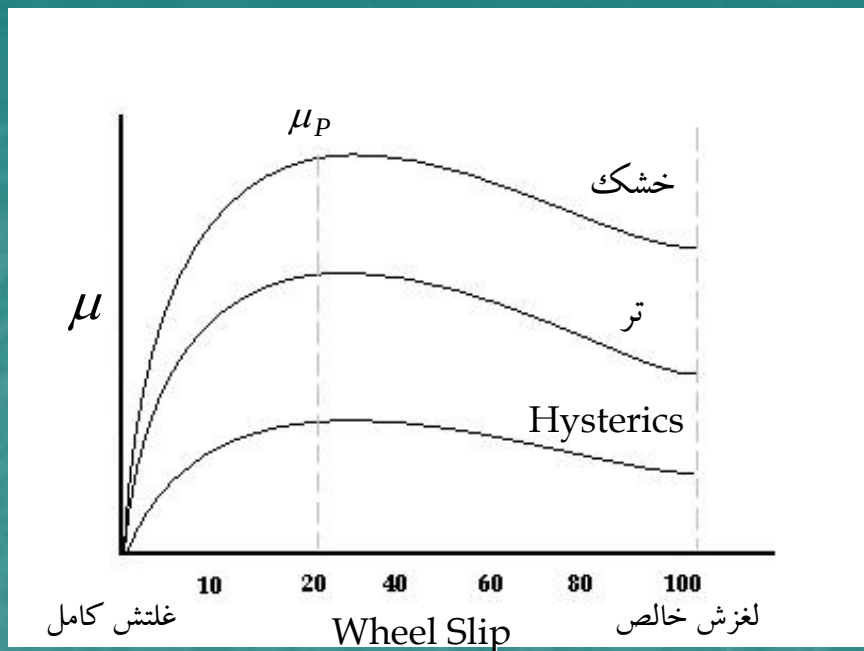
غلتش کامل

$$V = r\omega$$

لغزش

$$\frac{V - r\omega}{V} \rightarrow \begin{cases} V > r\omega \\ V < r\omega \end{cases}$$





$$\left\{ \begin{array}{l} V > r\omega \longrightarrow \text{سر خوردن} \\ V < r\omega \longrightarrow \text{بکسواد} \end{array} \right\} \text{عدم تعادل}$$

:ABS

رنج لغزش را در حدود ۲۰ درصد نگه می دارد تا بهترین حالت ترمز اتفاق بیافتد .

:TRC

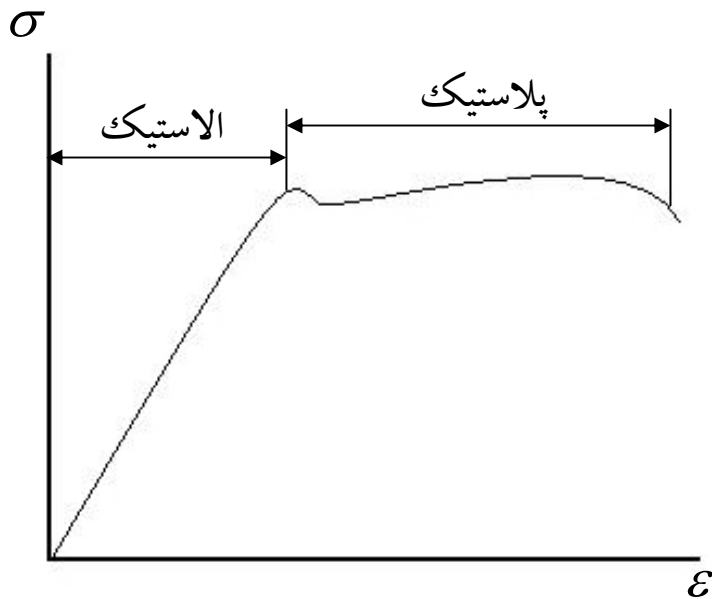
وابسته به سیستم ضد قفل بوده و از ایجاد بکسواد جلوگیری می کند .

تحلیل بدنه خودرو از لحاظ مقاومتی :

مراحل تحلیل



انواع تحلیل { خطی
غیر خطی



رفتار خطی الاستیک :

- ۱- رفتار مصالح در حال تناسب و رابطه تنش و کرنش در حالت الاستیک
- ۲- تغییر شکل در مقایسه با ابعاد المان کوچک باشد
- ۳- صرف نظر کردن از اثرات تنش های غشایی در سختی المان
- ۴- پس از حذف بارگذاری تنش و کرنش پسماند نداشته باشد .

در غیر این صورت رفتار غیر خطی است .

رفتار غیر خطی پلاستیک :

۱- ساختاری

۲- غیر ساختاری

از نظر مواد

از نظر هندسه

تحلیل های خطی روی بدنه خودرو :

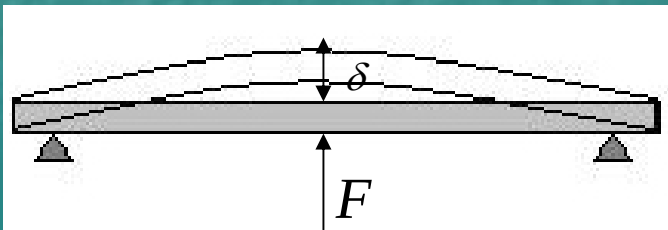
Bending

Torsion

Normal mode

G Loading

سختی خمشی طولی خودرو :



$$K_b = \frac{F}{\delta}$$

سفتی : میزان مقاومت جسم در ناحیه الاستیک

سختی : میزان مقاومت جسم در ناحیه پلاستیک

چغرمگی : میزان انرژی کرنشی جذب شده در جسم که همان ناحیه زیر منحنی تنش-کرنش می باشد

روند آنالیز خمش :

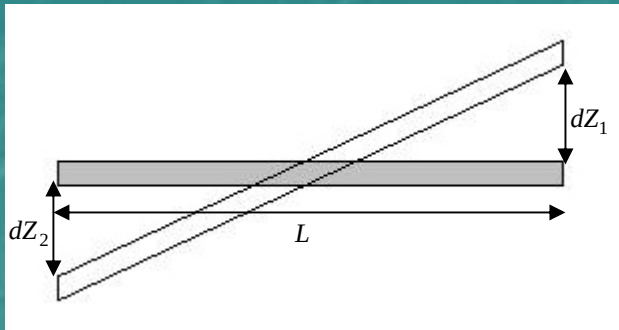
آنالیز خمش دارای فازهای متفاوتی مانند زیر می باشد :

1- Concept

2- Detail

3- Validation

سختی پیچشی خودرو:



$$\theta = \frac{dZ_1 + dZ_2}{L}$$

$$K_t = \frac{T}{\theta} \quad , \quad T = F \times L$$

$$K_t = \frac{F \times L}{\frac{dZ_1 + dZ_2}{L}} = \frac{F \times L^2}{dZ_1 + dZ_2}$$

Sent vanant

Warping

سن و نان
انواع پیچشی :
اعوجاج

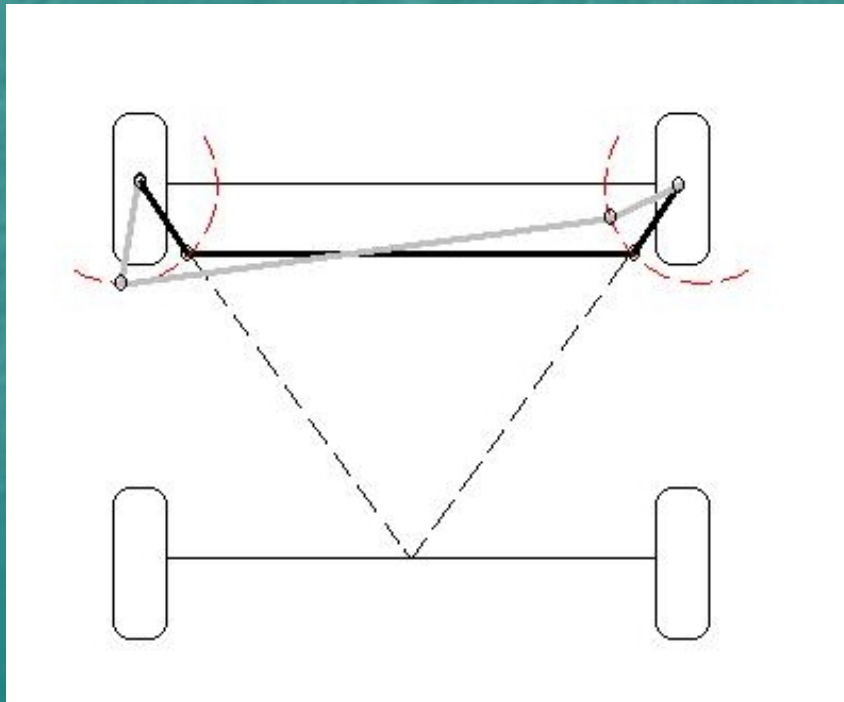
سیستم فرمان :

سیستم فرمان اصولاً برای چرخ های جلو طراحی می شود زیرا طراحی فرمان دادن برای چرخ های عقب در سرعت های بالا باعث ناپایداری می گردد. Lift track

در بعضی از خودرو ها مانند که نیاز به مانور پذیری دنده عقب می باشد سیستم فرمان برای چرخ های عقب طراحی می گردد.

زاویه چرخش فرمان چند برابر زاویه چرخش تیر است و این نسبت در حدود ۱۸ تا ۲۵ بوده که در خودروی سواری میانگین ۲۰ می باشد.

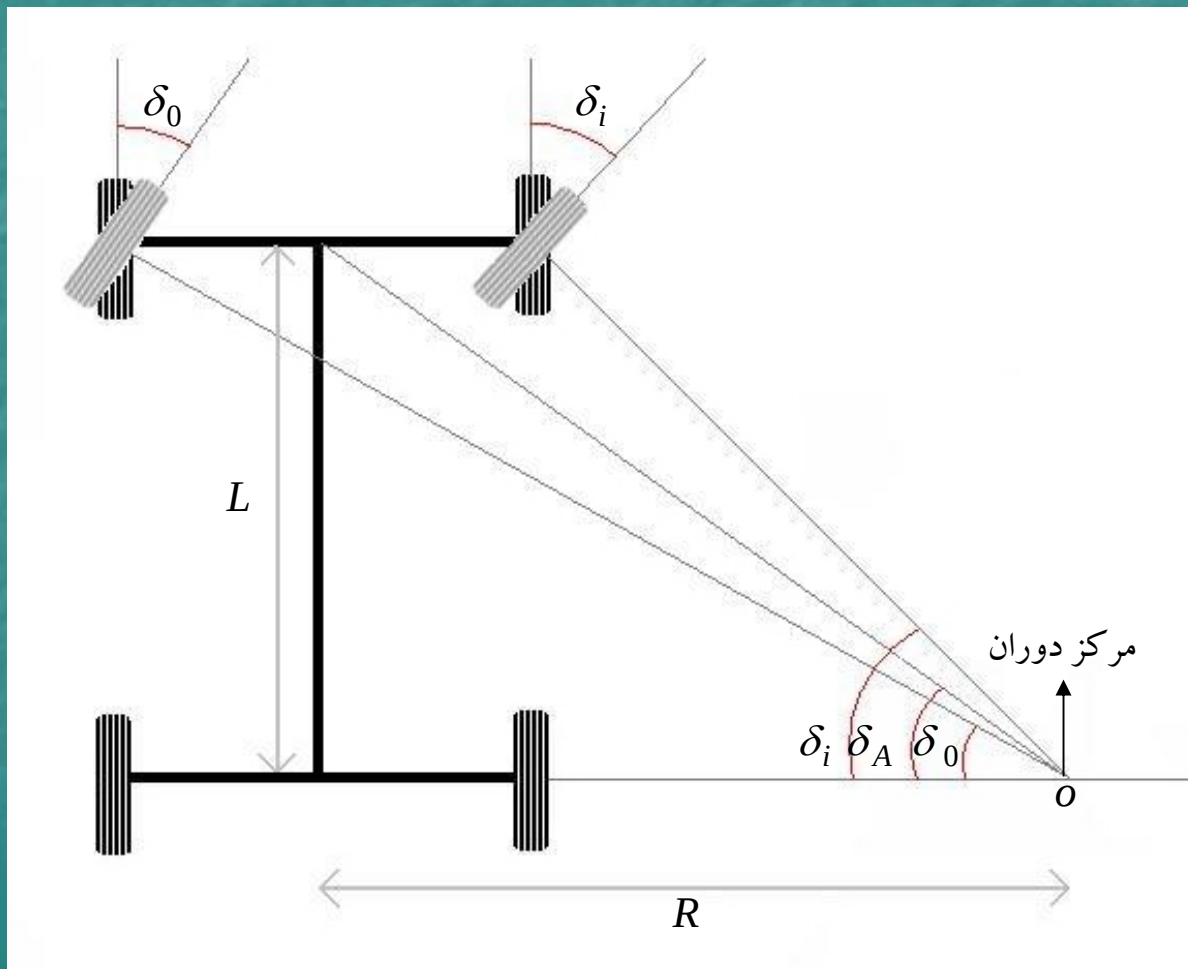
ذوذنقه فرمان :



هندسه چرخش :

مرکز دوران نقطه ای بین محور عقب و جلو می باشد . هرچه سرعت افزایش یابد این نقطه به سمت جلو حرکت می کند .

اصل Ackerman : زاویه چرخ داخل پیچ از زاویه چرخ خارج پیچ بیشتر است .



$$\delta_i > \delta_0$$

$$\delta_i > \delta_A > \delta_0$$

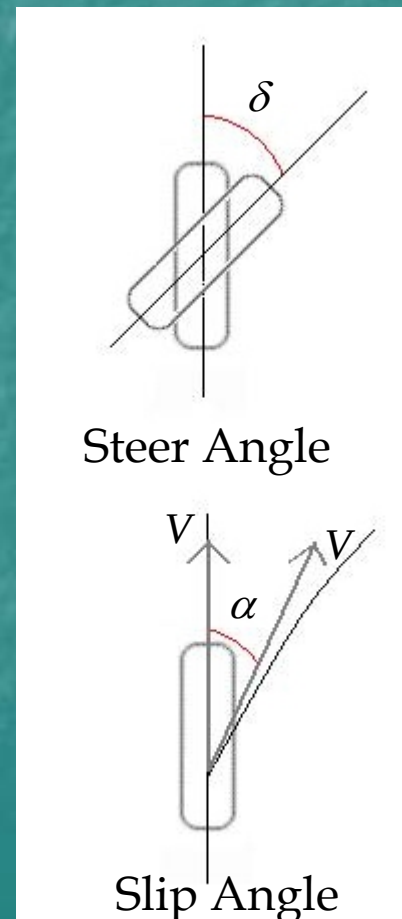
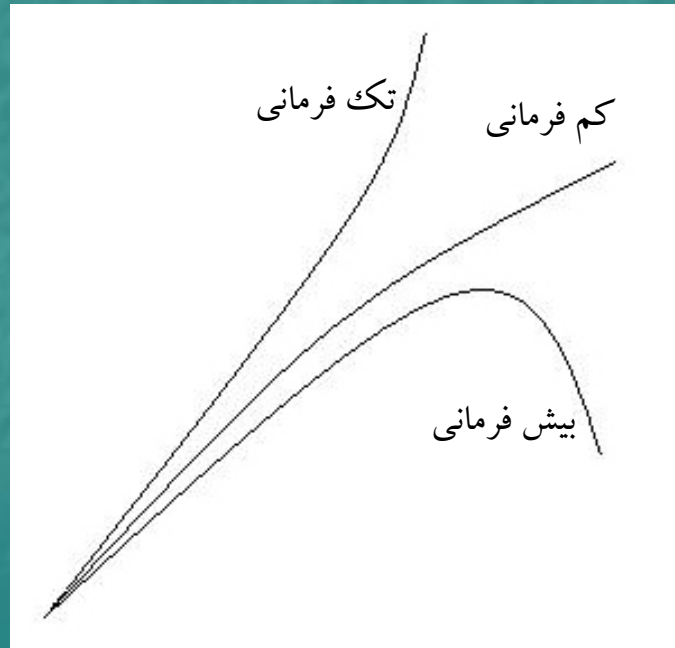
$$\delta_A = \tan^{-1} \frac{L}{R}$$

زاویه آکرمن

تک فرمانی : در این حالت زاویه لغزش چرخ های عقب و جلو برابر است .

کم فرمانی : در این حالت زاویه لغزش چرخ های جلو بیشتر از چرخ های عقب می شود .

بیش فرمانی : در این حالت زاویه لغزش چرخ های عقب بیشتر از جلو می شود .

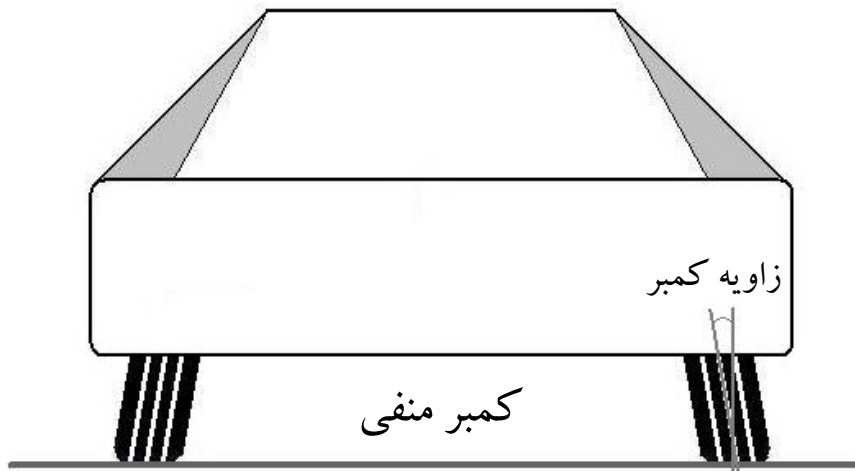


زوایای چرخ :

Camber Angle -1

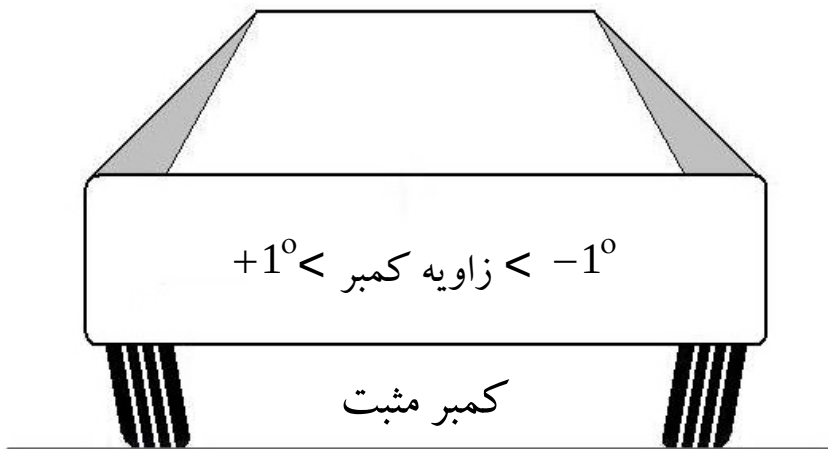
اگر از جلوی خودرو به چرخ ها نگاه کنیم زاویه موجود زاویه کمبر است .

اگر خم شدگی به سمت خارج باشد زاویه کمبر مثبت و
اگر خم شدگی به سمت داخل باشد زاویه کمبر منفی است .



در کمبر منفی بعلت پایین آمدن مرکز ثقل پایداری بیشتر است

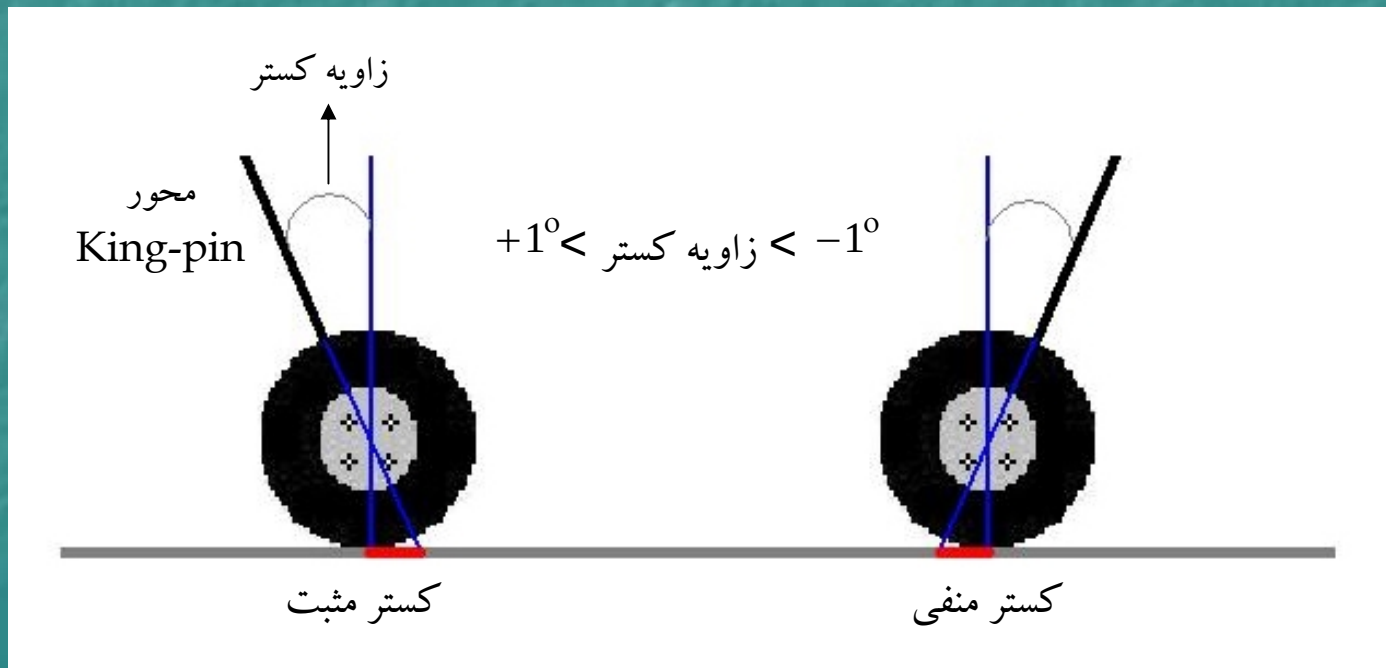
در ماشین های باربری از کمبر مثبت استفاده می گردد .



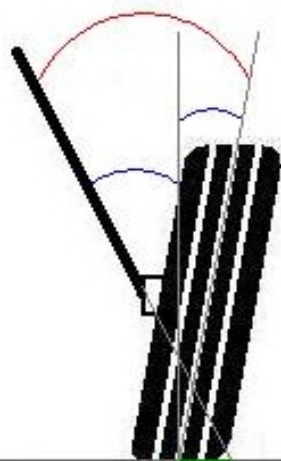
Caster Angle -2

زاویه ای می باشد که محور "کینگ پین" با خط گذرنده از محور عمودی چرخ می سازد .

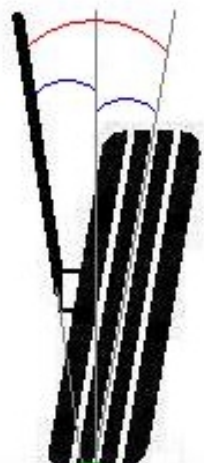
در کستر مثبت خودرو تابع فرمان است و فرمان دادن راحتتر می باشد .
در کستر منفی خودرو تابع فرمان نیست و بعد از حرکت فرمان می گیرد .



King-pin Angle -3

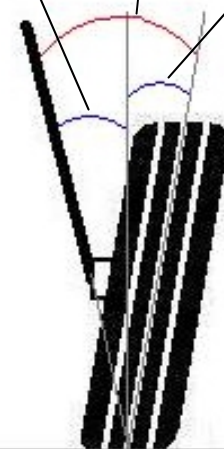


شعاع فرمان منفی



شعاع فرمان مثبت

زاویه برآیند
زاویه کینگ پین
زاویه کمبر

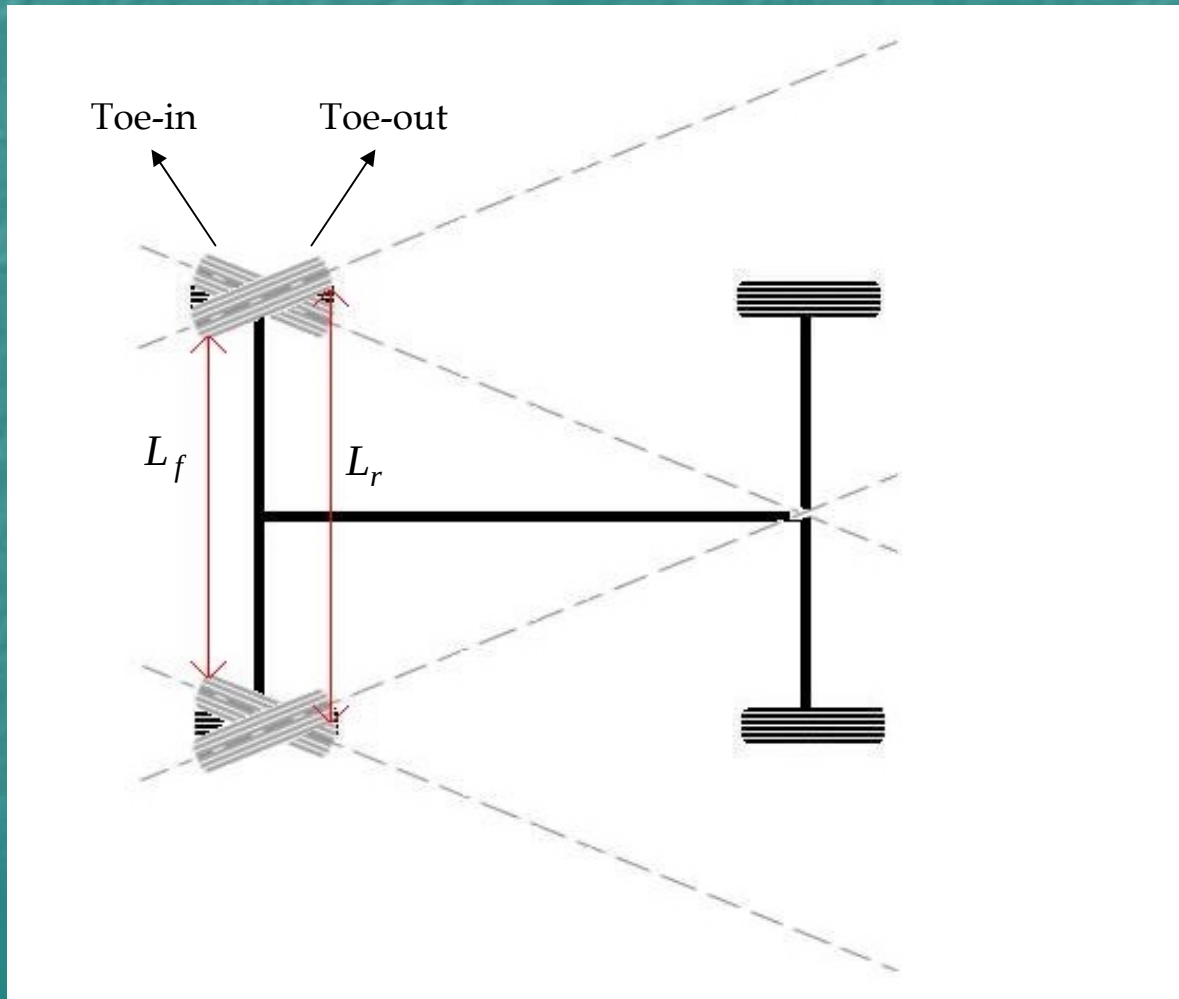


شعاع فرمان صفر

هندسه فرمان :

منظور از هندسه فرمان وضعیت قرار گیری چرخ ها و محور های دوران آنها برای فرمان دادن می باشد .

هندسه فرمان تابع عوامل مختلفی است که از جمله قضیه آکرمن ، زوایای کینگ پین Toe-in و Toe-out میتوان نام برد .



$$0 < |L_r - L_f| < 5mm$$

در دیفرانسیل جلو ها Toe-out

در دیفرانسیل عقب ها Toe-in

سیستم تعلیق :

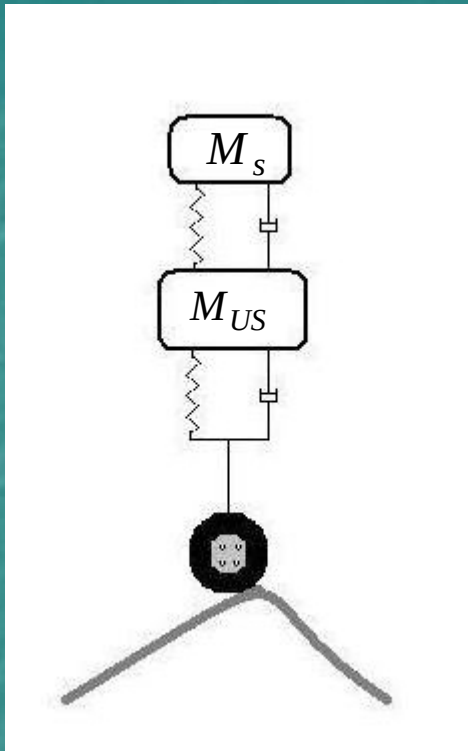
انواع فنر :

فنرهای حلقوی

فنرهای تخت

فنرهای بادی

فنرهای میله ای



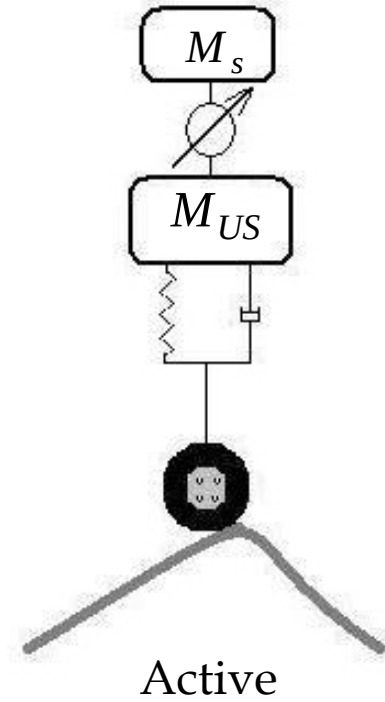
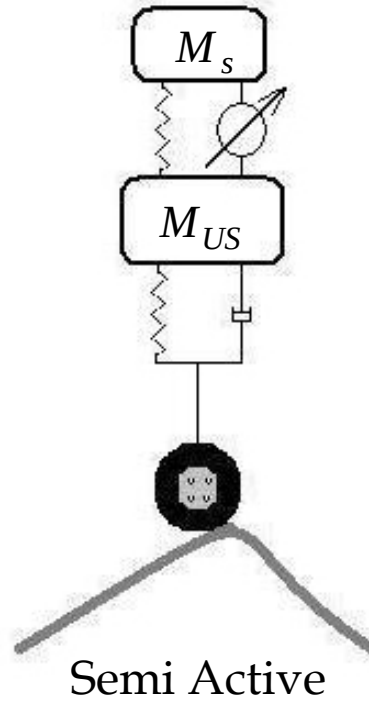
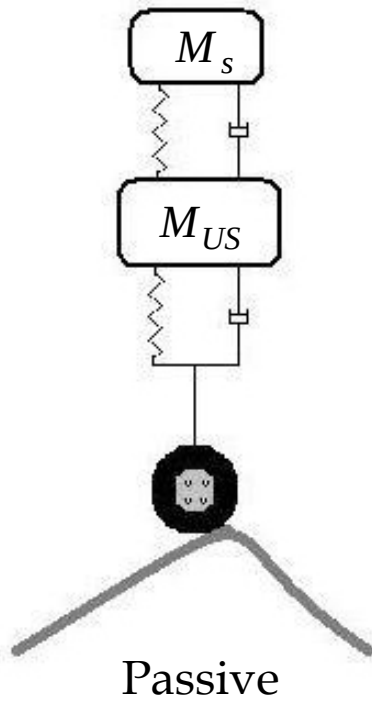
انواع سیستم تعلیق :

Dependent -1

Semi Independent -2

Independent -3

انواع سیستم تعلیق از نظر کنترلی :



THE END