UKF notes

1. Motion models: （CTRV: constant turn rate and velocity model）

此模型也可以用于 ekf。这个模型常用于解决在大转弯的情况下跟踪目标。

- cv 模型：假设物体沿直线移动

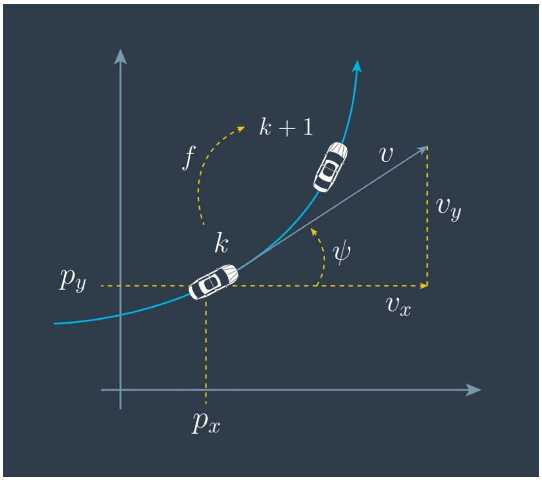
- cvrt 模型：物体可以沿直线移动，也可以以 constant turn rate + constant velocity 移动

- define state vector:

x = [px py v yaw yaw_rate]

其中，px py 表示位置，v 表示速度的大小，yaw 为偏航角 (phi)，yawrate 为 yaw 的角速度。

- process model



f：表示 process model，表示物体从 k 时刻到（k-1）时刻的位置变换的预测，即 x_k+1 = f(x_k, vk) [vk 为 noise vector] change rate of state： x’ = [px’ py’ v’ yaw’ yaw_rate’]

= [vx vy 0 yaw_rate 0]

= [cos(yaw) * v, sin(yaw) * v, 0, yaw_rate, 0]

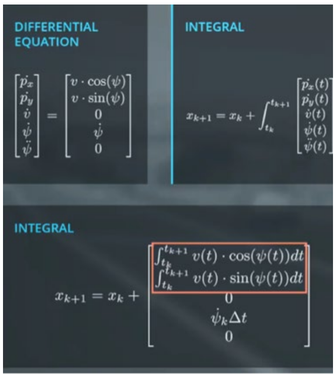
define Δt = t_k+1 - t_k

We assume the velocity and yaw rate to be constant

=>integration of v' = 0

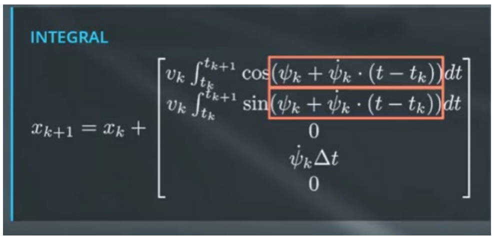
integration of yaw_rate = yaw_rate * delta t

integration of yaw_rate’ = 0



由于，vk 为 constant，所以提取出积分外侧

由于，yaw_rate 为 constant，psi(t) = psi(k) + psi’*delta_t



对于 1、2 两行数据，进行积分计算，结果如下：

Question 1: $v_k \int_{t_k}^{t_{k+1}} cos(\psi_k + \dot{\psi}_k \cdot (t - t_k))\, dt$ = ???

A. $\frac{\psi_k}{\dot{v}_k}(cos(\psi_k) - sin(\psi_k))$

B. $\frac{v_k}{\dot{\psi}_k}(sin(\psi_k + \dot{\psi}_k\Delta t) - sin(\psi_k))$ ✓

Question 2: $v_k \int_{t_k}^{t_{k+1}} sin(\psi_k + \dot{\psi}_k \cdot (t - t_k))\, dt$ = ???

A. $\frac{v_k}{\dot{\psi}_k}(-cos(\psi_k + \dot{\psi}_k\Delta t) + cos(\psi_k))$ ✓

B. $\frac{\dot{\psi}_k}{\Delta t}(tan(\psi_k) - sin(\psi_k))$

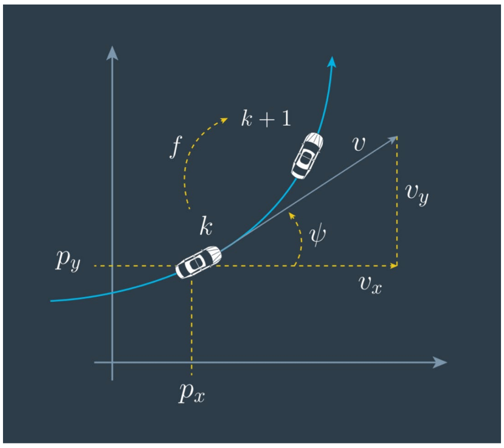
- special case：yaw rate = 0

problem：上述公式内 需要有 yaw_rate 做分母，无法计算

solution：

1） 解法 1:将 yaw-rate = 0，带入初始式子，再解积分

2） 解法 2: 当 yaw_rate = 0, 目标沿 yaw 角方向做直线运动



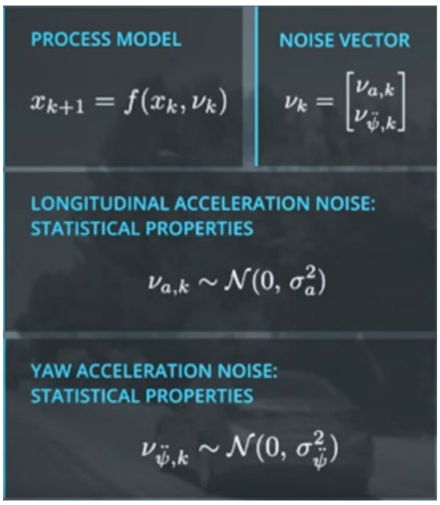
因此：

px ‘ = vx *deltat= vk * cos（yaw）*deltat

py’ = vy * deltat = vk *sin（yaw）*deltat

其余几项与之前一致

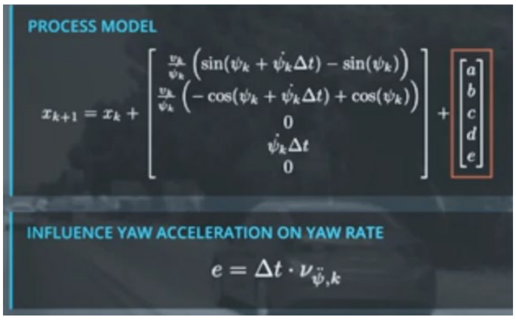
- process noise



- vak 该表示加速度噪声，它影响车辆的速度，假设它的噪声分布为高斯分布

- vpsi,k 该噪声表示为 yaw 的加速度，也符合高斯分布

- how the process noise influence process



process noise 表现了状态转移矩阵的误差。

- influence of va,k & v psi’’,k on yaw rate: (va,k 的影响为 0）

　　对应 e 代表的 process noise，　即 yaw_rated 的 pricess noise。

　　假设影响因子 yaw acceleration(v psi’’,k) 在 k 与 k+1 时刻为常量，则经过 delta-t 时刻，对 yaw-rate 累计 e 数量的 process noise（如上所示）

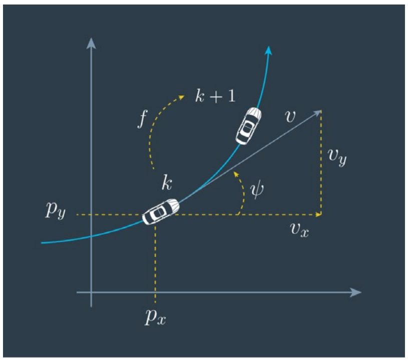
- influence of va,k and v psi’’,k on velocity

vpsi’’,k 对其影响为 0

va,k：假设加速度 va 在时刻间为常量，则它对于 velocity 的影响为 deltat*va,k

- influence of two noise on yaw angle: 0.5 * deltas^2 * vpsi’’,k

- influence of two noise on position



如果没有两个加速 noise，轨迹如蓝色路径所示。

然而，yaw acceleration noise will change the radius of the circle -> influence on position

yaw acceleration positive, 往蓝线上方移动 （yaw 变大变得更快了）

yaw acceleration negative，往蓝线下方移动（yaw 变大变的越来越慢 -yaw rate 变化变慢）

注意：effect of yaw acceleration on the position is relatively small compared to other factor.

- influence of the va,k noise on position

假设 yaw-rate = 0， 即车为直线运动 （即类似 efk， 短时间内虽然有 yaw-rate，但是可以近似为直线运动）

因此 a = 0.5 * deltat^2 cos(psi) * va,k

- influence of va,k on y position

that is, what is y acceleration offset

依旧假设，物体做直线运动

0.5*delta-t ^ 2 sin(psi) va,k