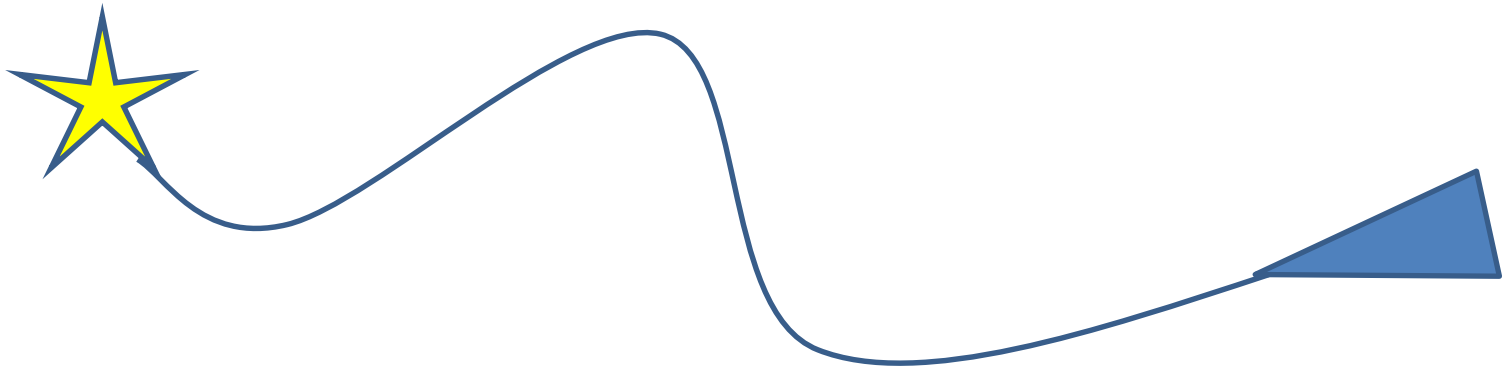


# Мобильная робототехника

## Кинематические модели колесных мобильных роботов

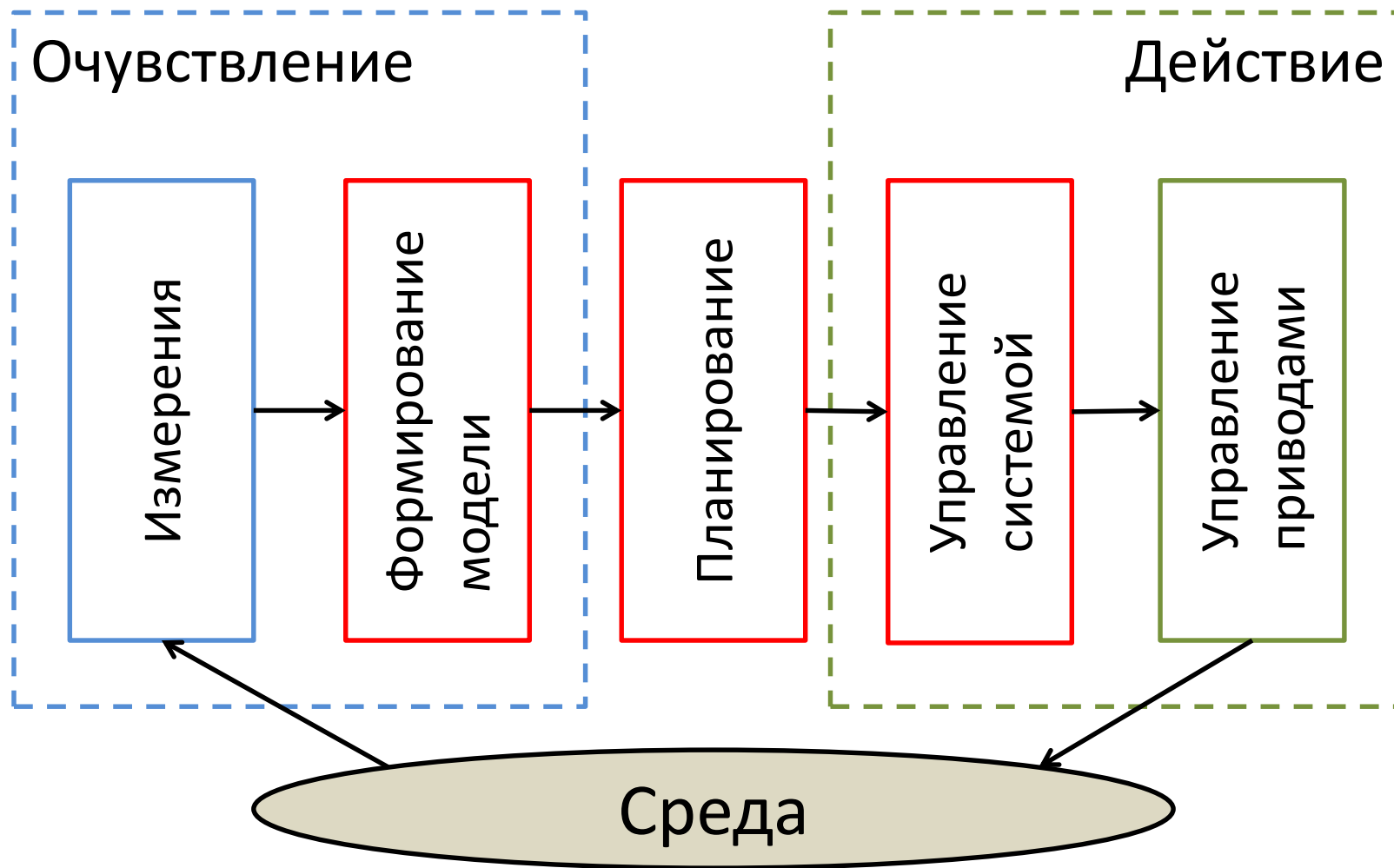


# Зачем нужна модель



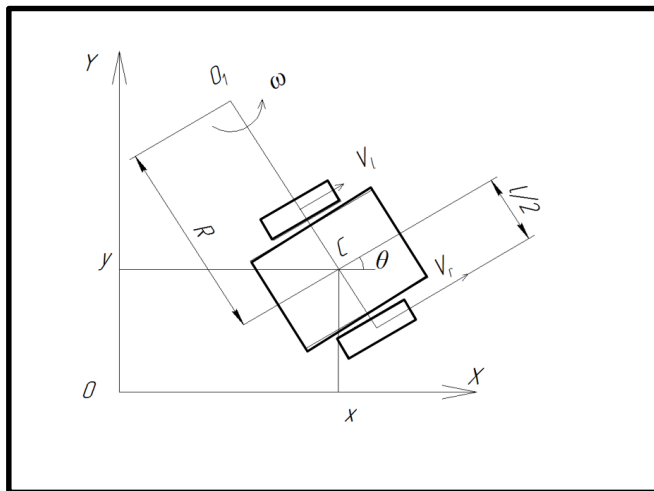
- Планирование траектории
- Управление
- Одометрия
- Предсказание движения
- Моделирование

# Классический подход



# Модель

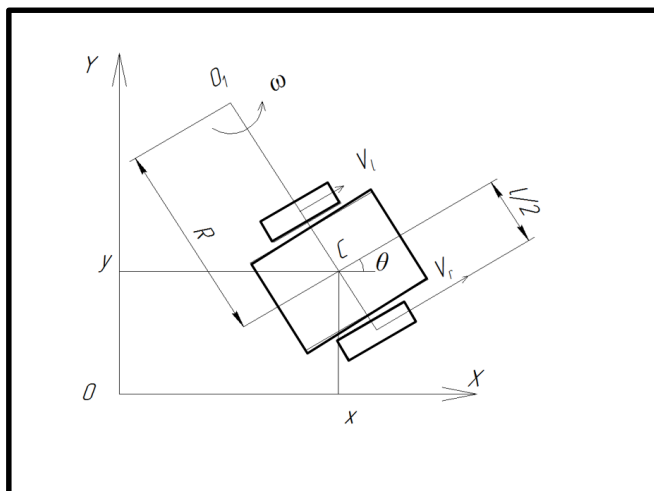
$V_l$   
 $V_r$



$x$   
 $y$  - ?  
 $\vartheta$

$$\begin{cases} \dot{x} = V_x \\ \dot{y} = V_y \\ \dot{\theta} = \omega \end{cases}$$

$u_l$   
 $u_r$



$x$   
 $y$  - ?  
 $\vartheta$

$$\begin{cases} m\dot{V}_x = F_x \\ m\dot{V}_y = F_y \\ J\dot{\omega} = M \end{cases}$$

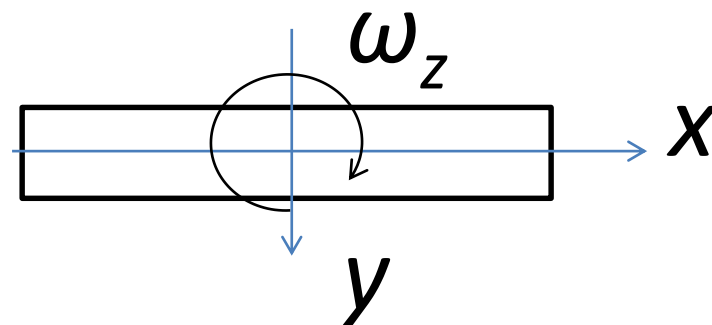
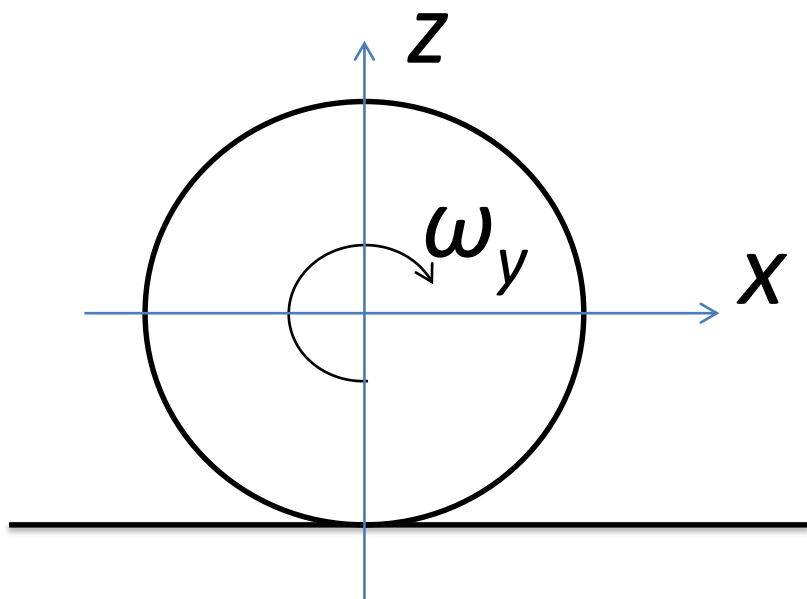
# Колесные роботы

- Дифференциальная схема
  - Pioneer 3 dx
- Автомобильная схема (схема Аккермана)
  - Автомобили
- Синхронная схема
  - B21
- Схема XR4000
- Схема с колесами Илона (Шведское колесо)
  - Kuka youBot

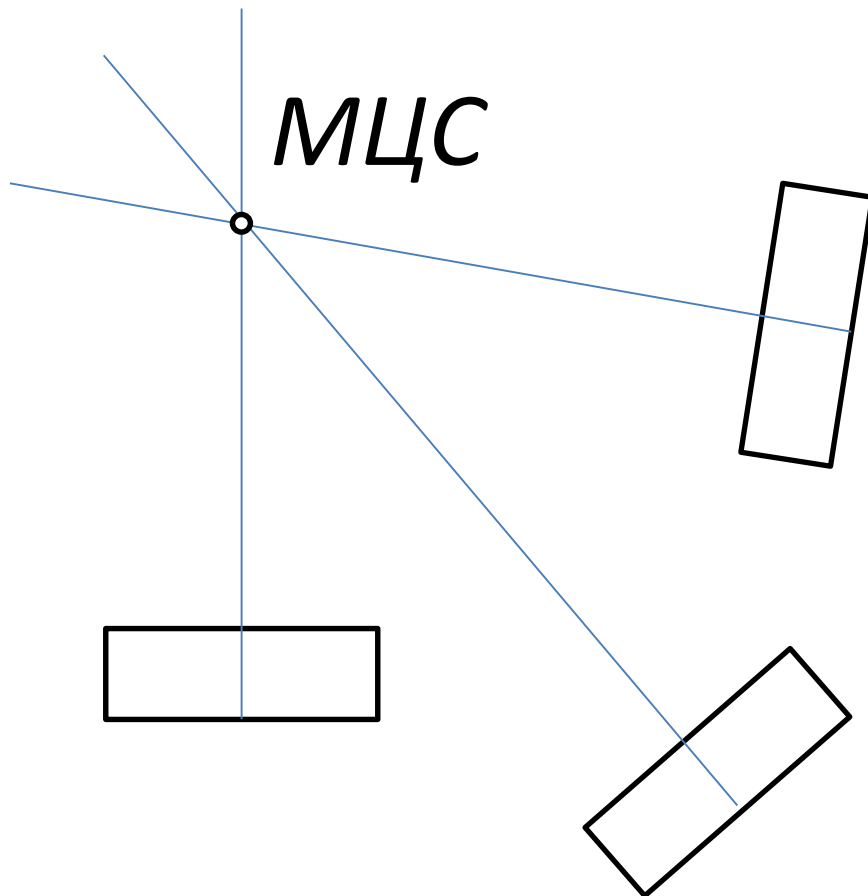
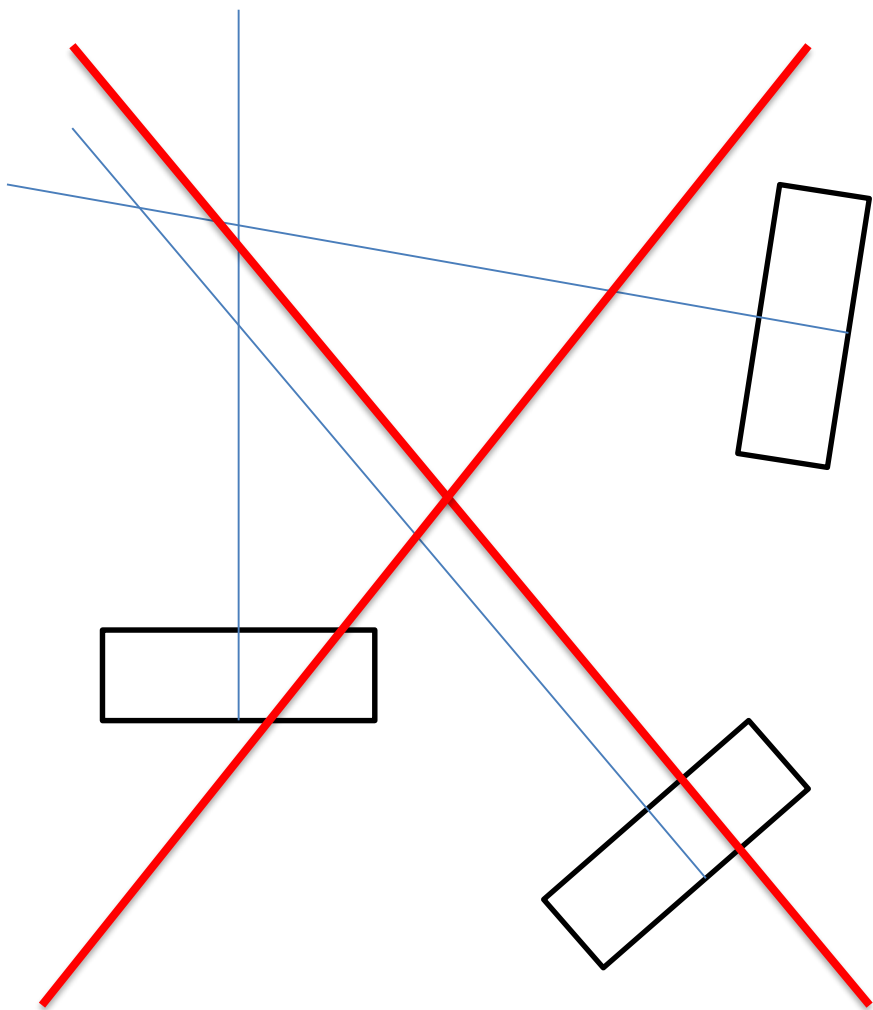
# Колесные роботы

Основные допущения:

- Контакт в точке
- Нет проскальзывания



# Мгновенный центр скоростей

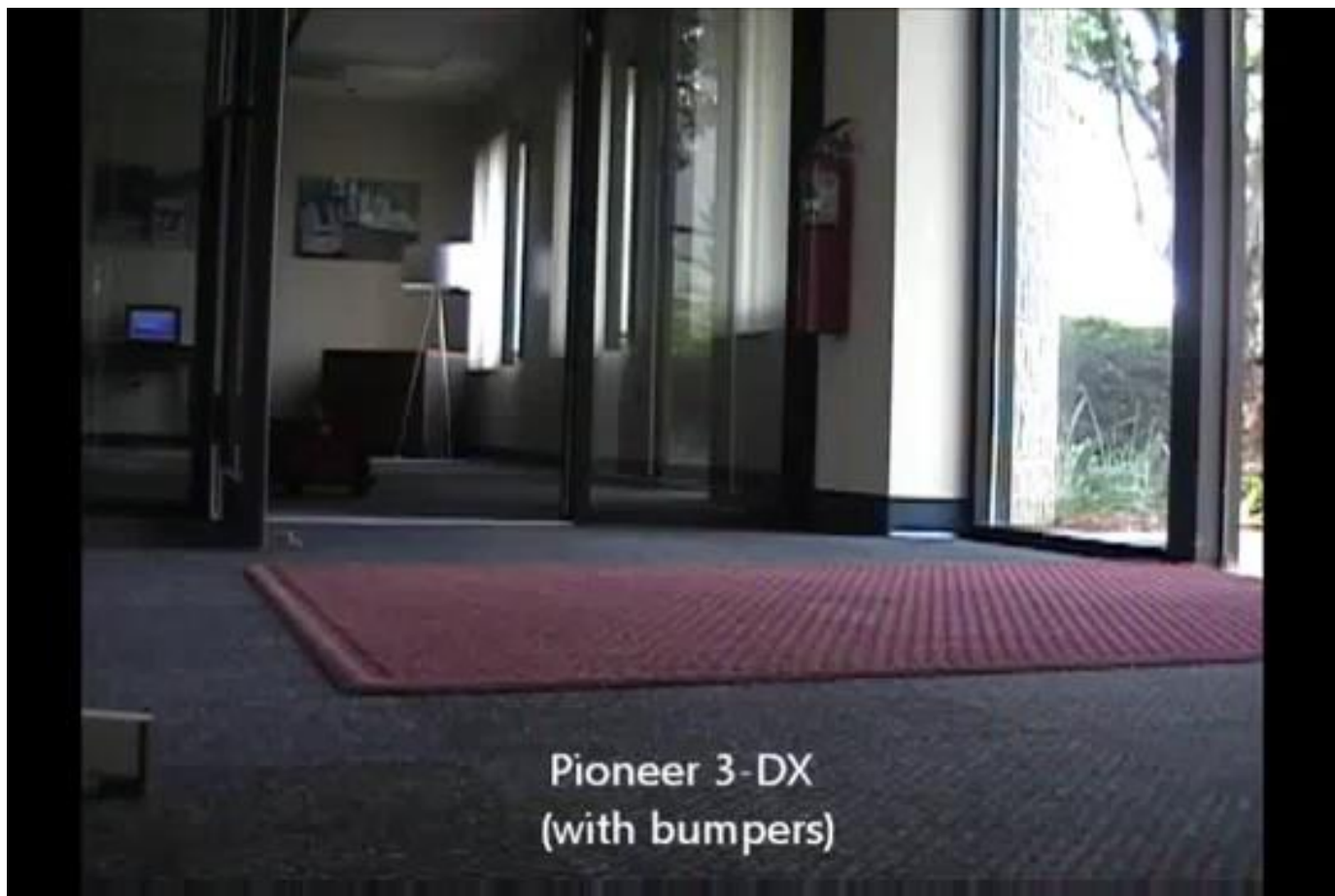


# Неголономные системы

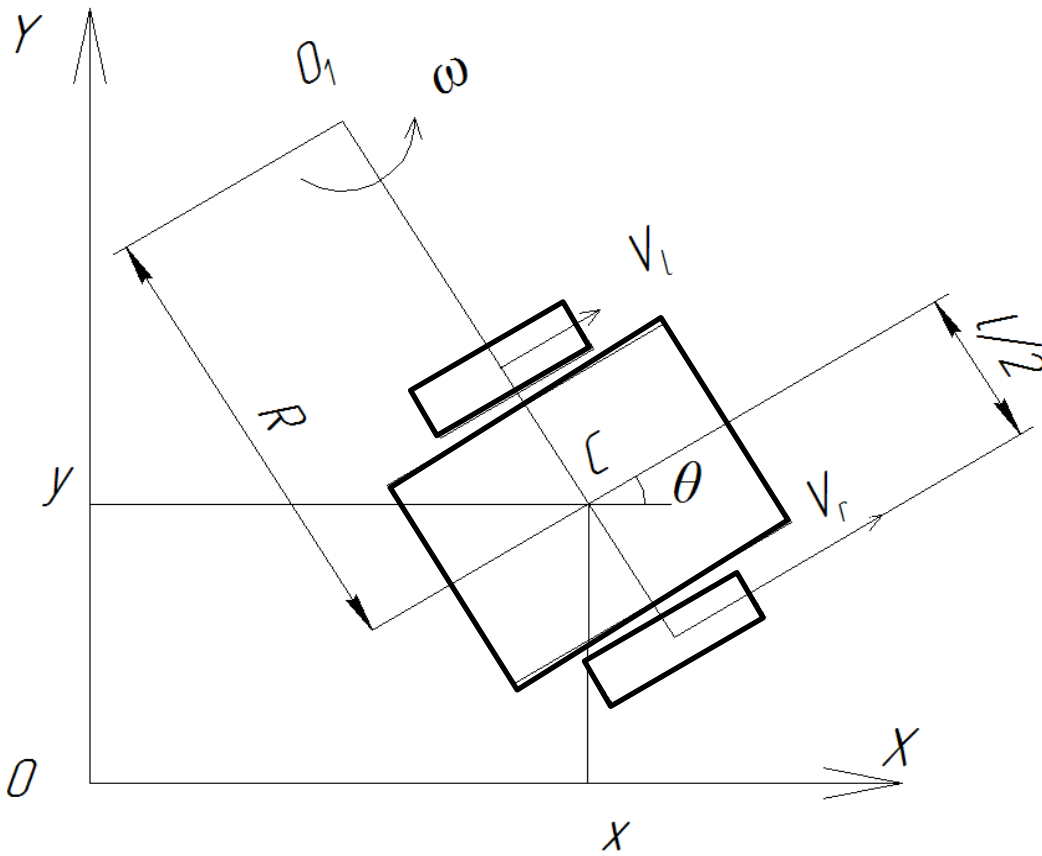
- Неголономные связи накладывают ограничения на возможные скорости мобильного робота
- Роботы с дифференциальной или автомобильной схемой не могут перемещаться поперек продольной оси
- Роботы с колесами Илона не имеют неголономных связей



# Дифференциальный привод



# Дифференциальный привод



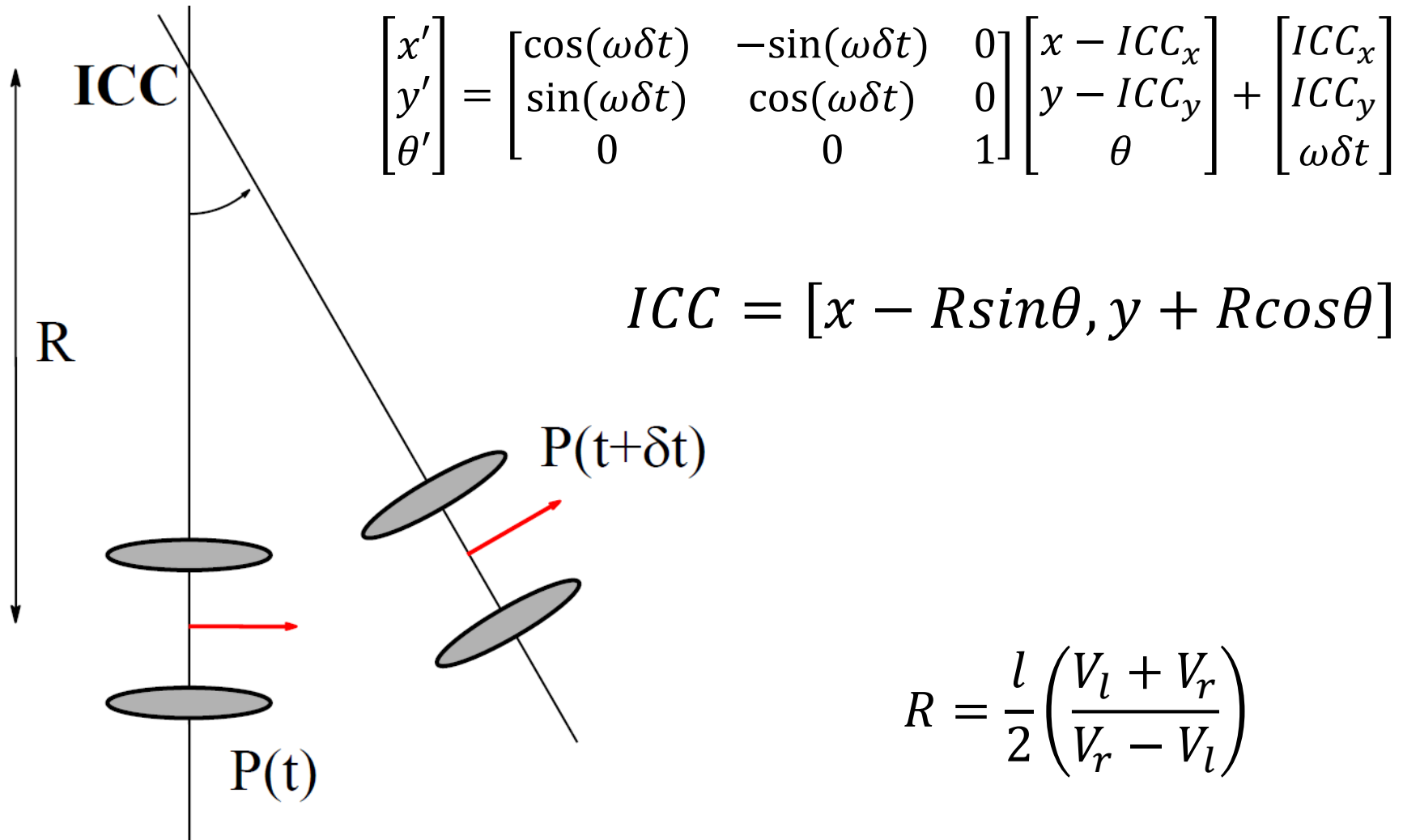
$$\begin{cases} \dot{x} = V \cos \theta \\ \dot{y} = V \sin \theta \\ \dot{\theta} = \omega \end{cases}$$

$$V = \frac{r}{2} (\omega_r + \omega_l)$$

$$\omega = \frac{r}{l} (\omega_r - \omega_l)$$

$$\begin{cases} \dot{x} = \frac{r}{2} (\omega_r + \omega_l) \cos \theta \\ \dot{y} = \frac{r}{2} (\omega_r + \omega_l) \sin \theta \\ \dot{\theta} = \frac{r}{l} (\omega_r - \omega_l) \end{cases}$$

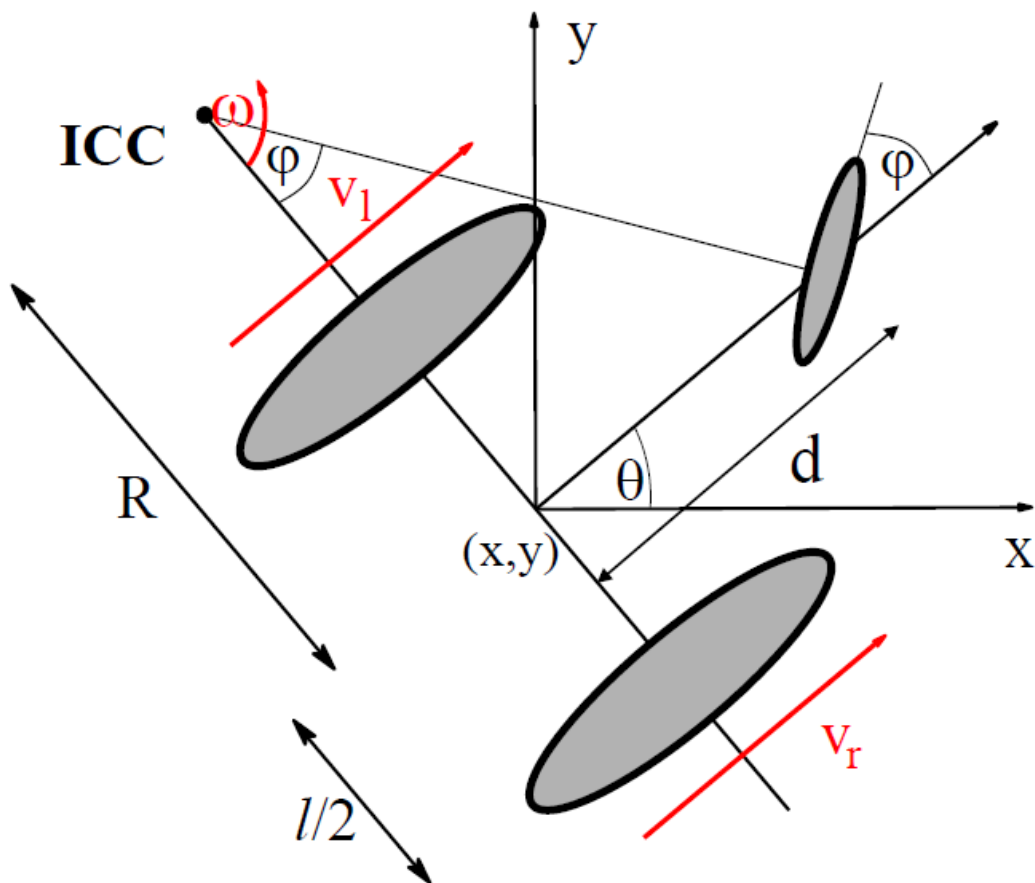
# Дифференциальный привод



# Автомобильная схема

$$ICC = [x - R \sin \theta, y + R \cos \theta]$$

$$R = \frac{d}{\tan \varphi}$$



$$\omega \left( R + \frac{l}{2} \right) = v_r$$

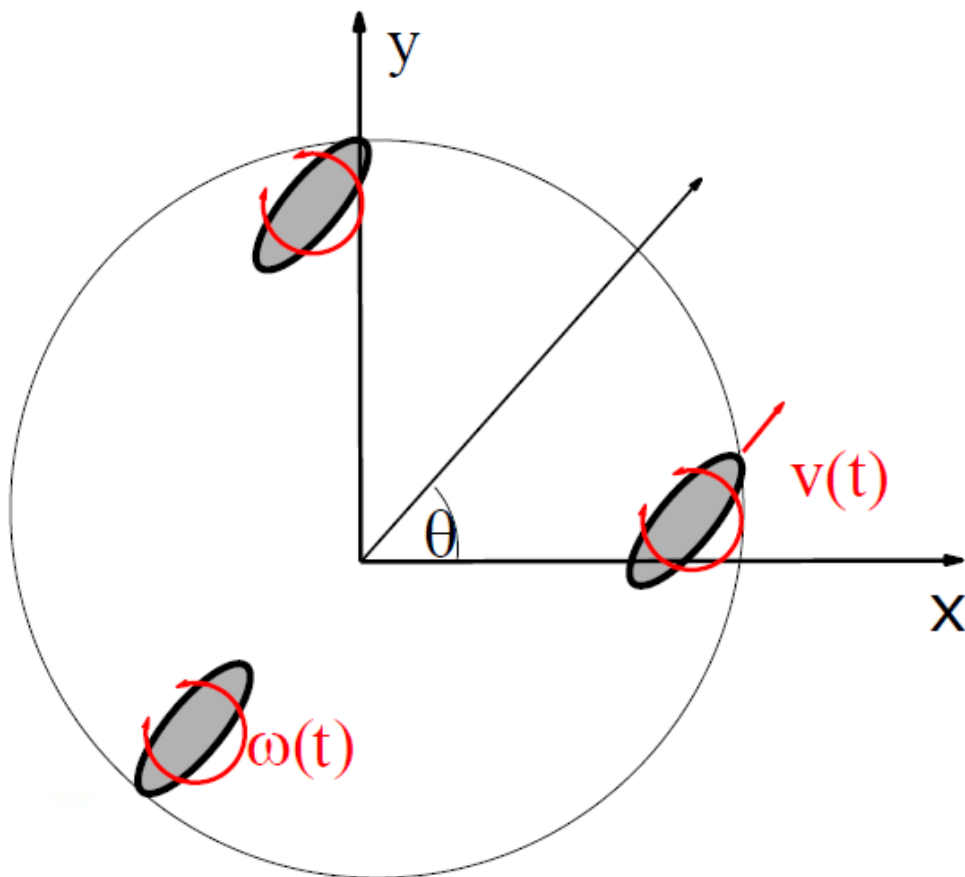
$$\omega \left( R - \frac{l}{2} \right) = v_l$$

$$R = \frac{l}{2} \frac{(v_l + v_r)}{(v_r - v_l)}$$

$$\omega = \frac{v_r - v_l}{l}$$

$$\begin{cases} \dot{x} = \omega_k r \frac{\cos \theta}{\sqrt{1 + (\tan \varphi)^2}} \\ \dot{y} = \omega_k r \frac{\sin \theta}{\sqrt{1 + (\tan \varphi)^2}} \\ \dot{\theta} = \omega_k \frac{r}{d \sqrt{\frac{1}{(\tan \varphi)^2} + 1}} \end{cases}$$

# Синхронная схема



$$\begin{cases} \dot{x} = V \cos \theta \\ \dot{y} = V \sin \theta \\ \dot{\theta} = \omega \end{cases}$$

# Схема XR4000

Erwin Lenz  
University of Tübingen

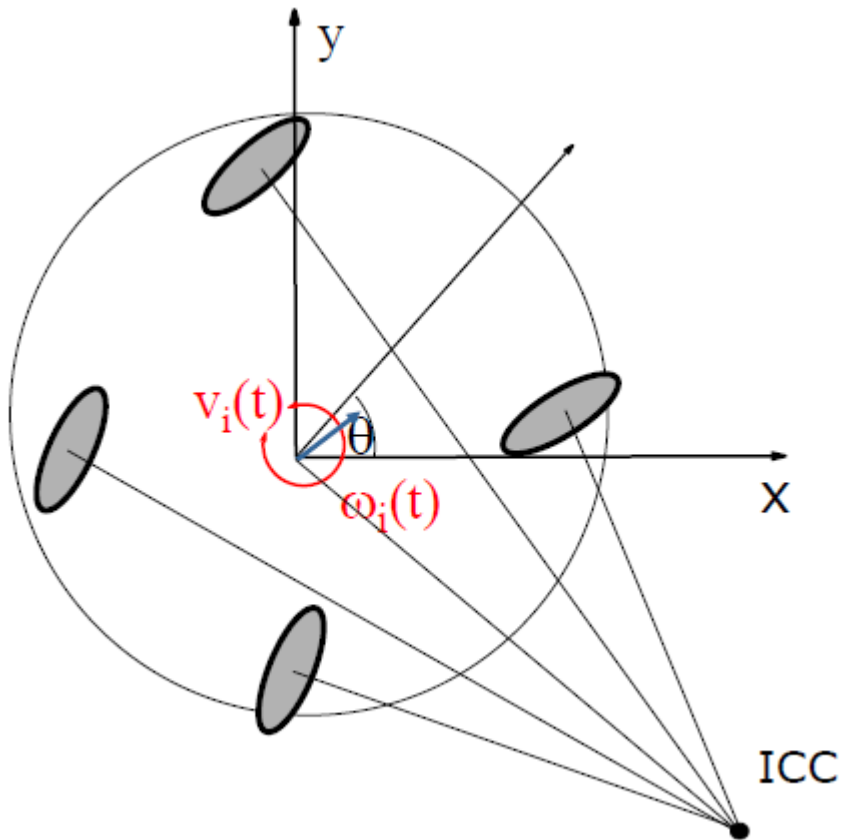


## Sensor-Integration für Indoor-Roboter

Ashraf Aboshosha

© 2002 University of Tübingen

# Схема XR4000



$$\begin{cases} \dot{x} = V \cos \theta \\ \dot{y} = V \sin \theta \\ \dot{\theta} = \omega \end{cases}$$

# Схема с колесами Илона

## IkeaBot: An Autonomous Multi-Robot Coordinated Furniture Assembly System

Ross A. Knepper, Todd Layton, John Romanishin,  
and Daniela Rus

Distributed Robotics Lab,  
Massachusetts Institute of Technology



# Схема с колесами Илона



$$v_x = \frac{(v_0 + v_1 + v_2 + v_3)}{4}$$

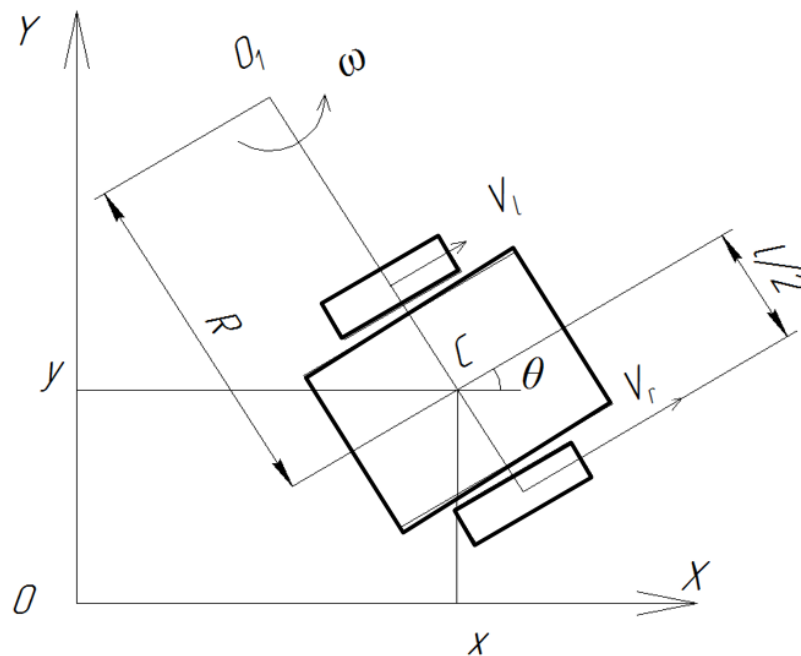
$$v_y = \frac{(v_0 - v_1 + v_2 - v_3)}{4}$$

$$v_\theta = \frac{(v_0 + v_1 - v_2 - v_3)}{4}$$

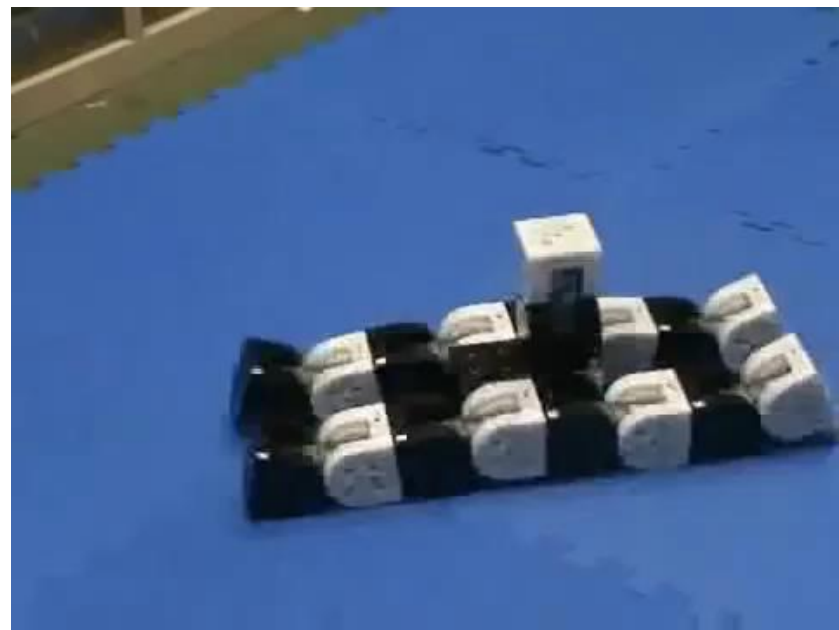
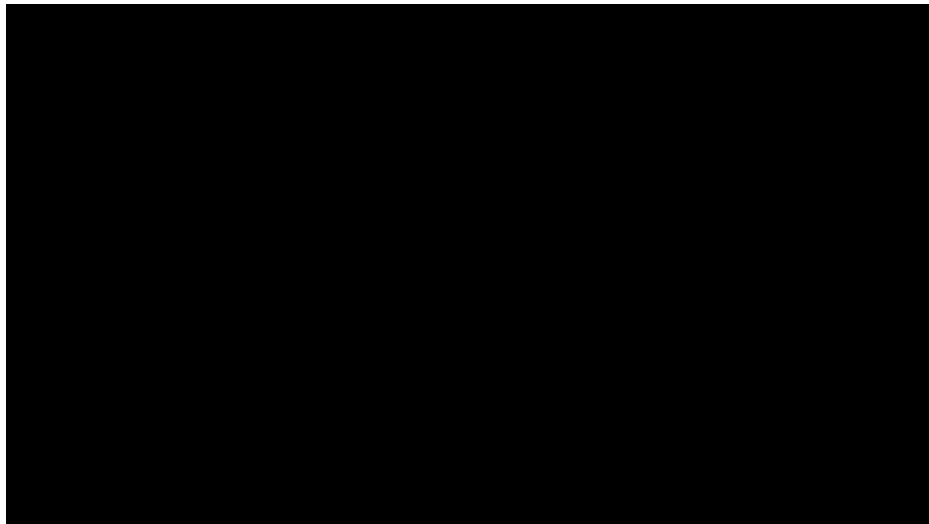
# Гусеничная схема



# Гусеничная схема

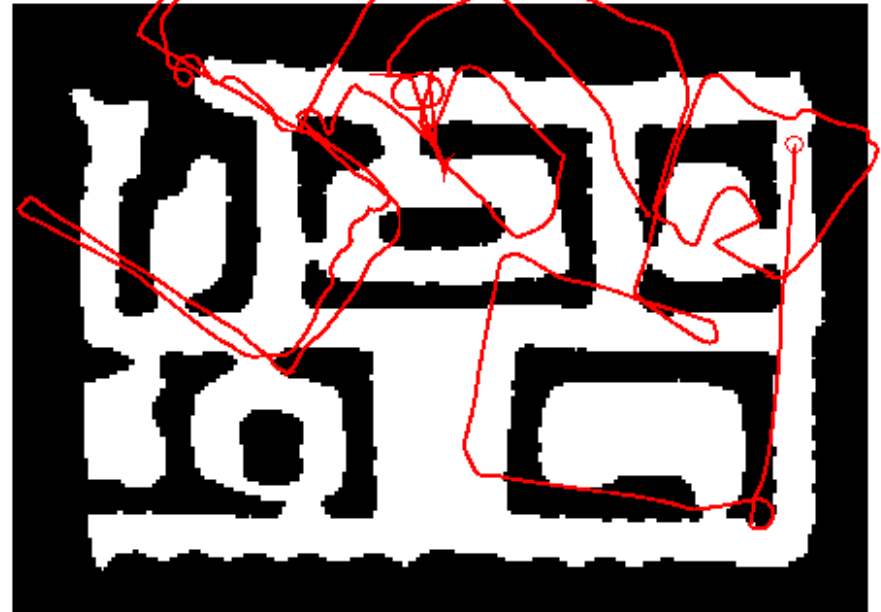


# Примеры других схем



# Одометрия

- Использование энкодеров
- Интегрирование



# Резюме

- Основные типы и модели колесных роботов
- Голономные неголономные связи
- Одометрия