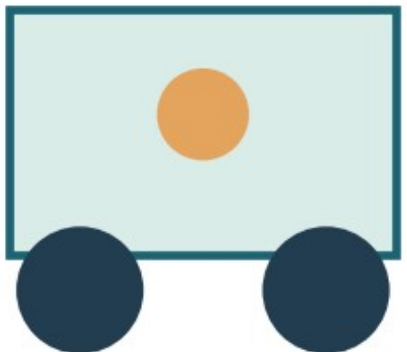
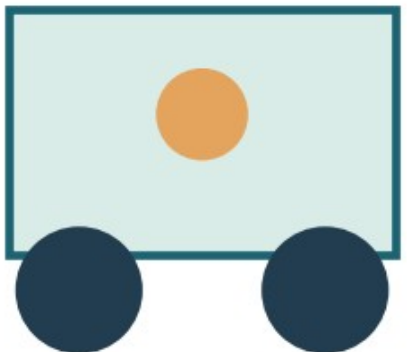
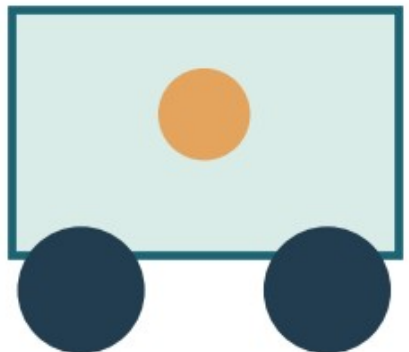
Доңғалақты роботтарды қолдану

Мобильді роботтардың нақты міндеттері мен шектеулері







Дәрістің мақсаты мен нәтижелері

- Доңғалақты мобильді роботтардың құрылымы мен жұмыс принциптерін түсіндіру.
- Өндіріс, логистика, медицина және қызмет көрсету салаларындағы қолданылуын талдау.
- Дифференциалды, Ackermann және омнибағытты қозғалыс схемаларын салыстыру.
- Навигация, локализация және қауіпсіз қозғалыс алгоритмдерінің рөлін түсіну.
- Қолдану жағдайына сәйкес робот платформасын таңдау және тиімділігін бағалау.

Доңғалақты роботтың негізгі компоненттері

Шасси

Жүк көтеру және құрылымдық қаттылық

Жетек

Мотор, редуктор, дөңгелек

Сенсор

Лидар, камера, энкодер, IMU

Басқару

Контроллер, ROS 2, жоспарлау

Энергия

Аккумулятор, BMS, зарядтау

Байланыс

Wi-Fi, Ethernet, телеметрия

Қозғалыс платформаларының түрлері

Жүйе	Басқару принципі	Артықшылығы	Шектеуі
Дифференциалды	Сол/оң дөңгелек жылдамдығы	Орнында бұрылады	Тайғанау әсері
Ackermann	Алдыңғы дөңгелек бұрышы	Жоғары жылдамдықта орнықты	Бұрылу радиусы бар
Омни / Mecanum	Бірнеше дөңгелек үйлесімі	Бүйірге қозғалады	Тегіс еден қажет

Қозғалыс схемасын таңдау еден сапасына, маневрлікке, жүкке және энергия шығынына тәуелді.

Қойма логистикасындағы қолданылуы



AMR (Autonomous Mobile Robot) қойма ішінде тауарды, сөрені немесе контейнерді тасымалдайды.

Негізгі функциялары: маршрут жоспарлау, кедергіні айналып өту, флотты үйлестіру және тапсырыстарды орындау.

Тиімділік көрсеткіштері: бір сағаттағы рейс саны, тоқтап қалу уақыты, зарядтау циклі және қауіпсіздік оқиғалары.

Медицина, ауыл шаруашылығы және инспекция

Медицина

Дәрі-дәрмек пен материалдарды бөлімдер арасында тасымалдау; адамдар көп ортада қауіпсіз қозғалыс.

Ауыл шаруашылығы

Өсімдікті бақылау, өнімділік картасын жасау және шағын жүкті тасымалдау; топырақ пен бедерді ескеру.

Инспекция

Цехтарда, туннельдерде немесе ғимаратта бейнебақылау, датчик өлшемдерін жинау және қауіпті аймақтарды тексеру.

Навигацияның негізгі кезеңдері

1. Қабылдау

Камера / лидар

2. Локализация

Орынды бағалау

3. Жоспарлау

Қауіпсіз маршрут

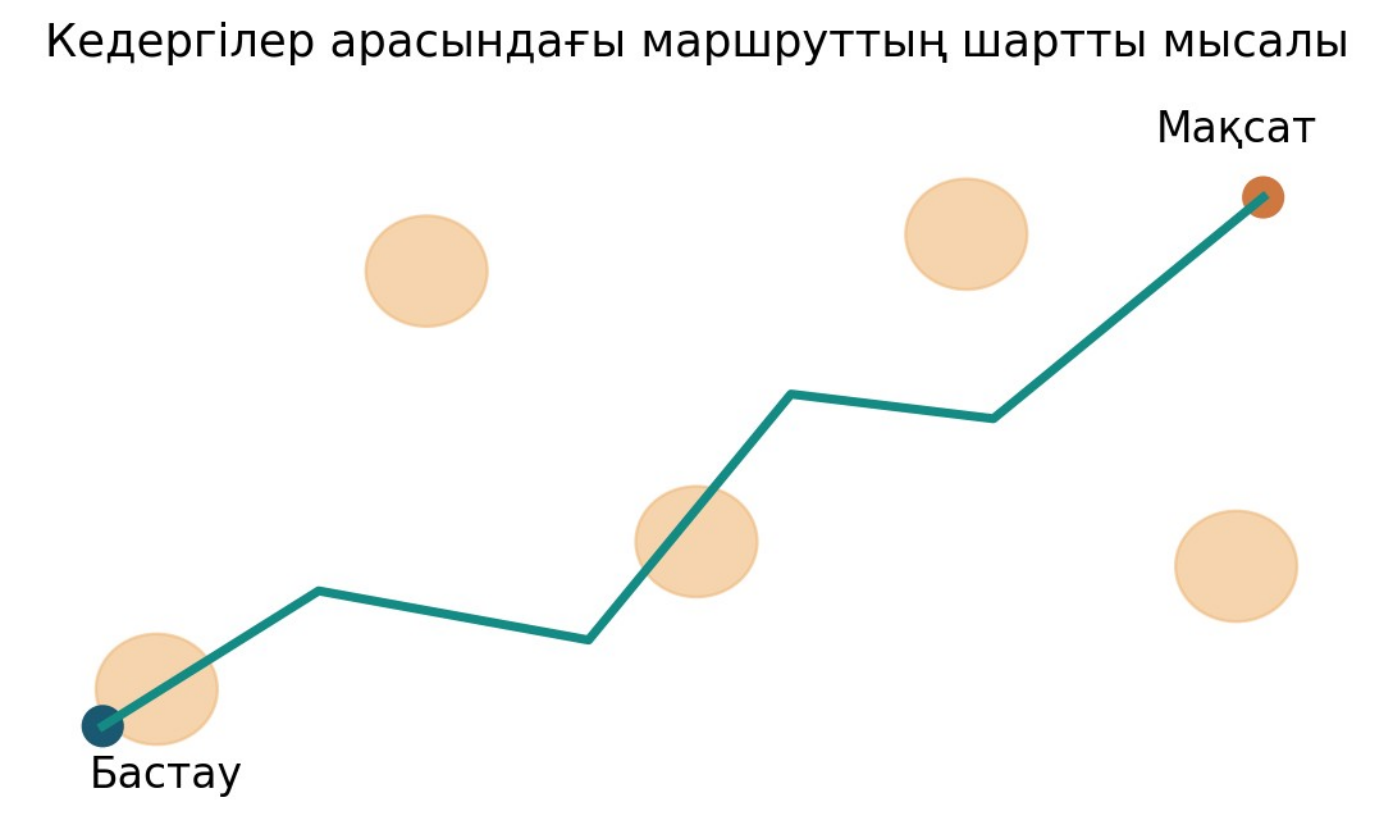
4. Басқару

Дөңгелек жылдамдығы

SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) — роботтың өз орнын анықтаумен қатар қоршаған ортаның картасын құру әдістері тобы.

Күрделі ортада сенсорларды біріктіру, динамикалық кедергілерді тану және маршрутты қайта жоспарлау қажет.

Маршрут жоспарлау мысалы



Мақсат — бастапқы нүктеден белгіленген орынға кедергілерге соқтықпай жету.

Жиі қолданылатын тәсілдер: A*, Dijkstra, DWA және жергілікті траекторияны оңтайландыру.

Практикада карта дәлдігі, дөңгелектің тайғануы және адам қозғалысы маршрутқа әсер етеді.

Дифференциалды жетектің кинематикасы

$$v = r(\omega R + \omega L)/2$$

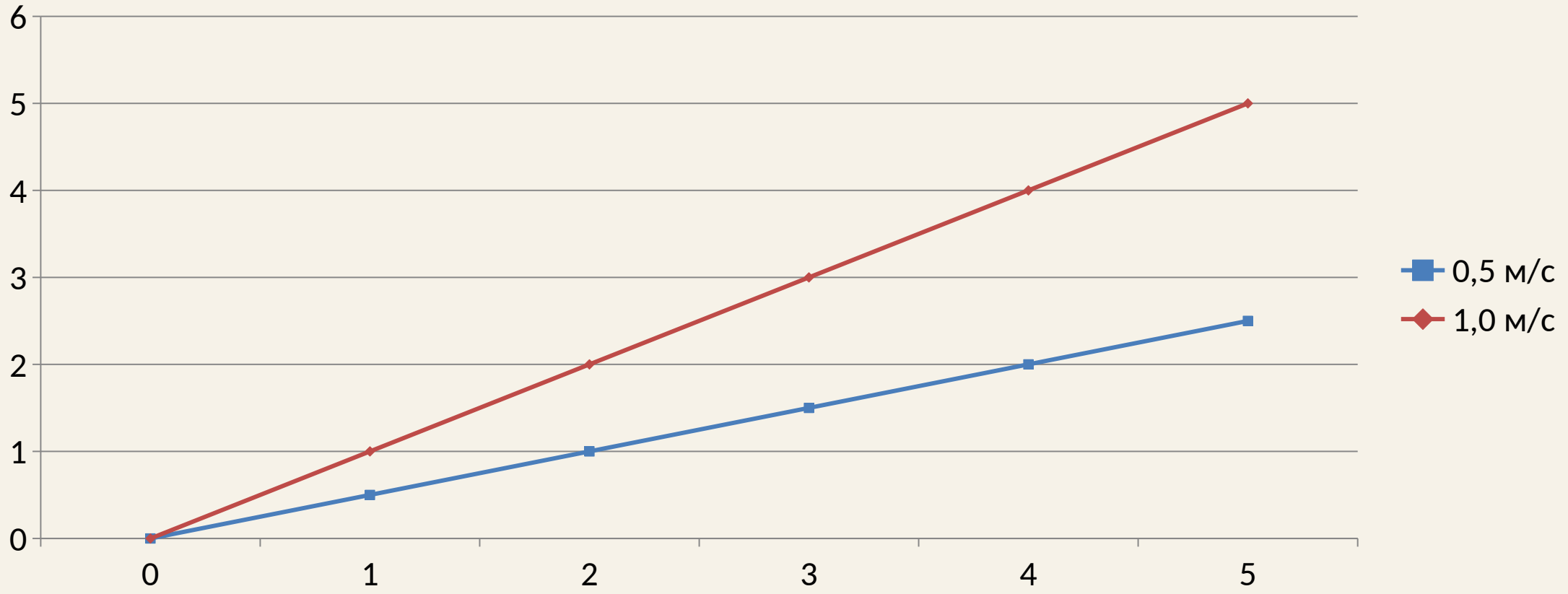
$$\Omega = r(\omega R - \omega L)/L$$

v — роботтың сызықтық жылдамдығы; Ω — бұрыштық жылдамдық; r — дөңгелек радиусы; L — жетекші дөңгелектер арақашықтығы.

Екі дөңгелек бірдей жылдамдықпен айналса, робот түзу қозғалады. Жылдамдықтары әртүрлі болса, робот бұрылады.

Бұл модель дөңгелек тайғануы жоқ деген болжамға негізделген.

Жылдамдық пен жүріп өткен жол



Есептік модель: s = vt, тұрақты жылдамдық, үдеу мен тоқтау уақыты есептелмеген.

Нақты пайдаланудағы негізгі мәселелер

- Қауіпсіздік: адамды анықтау, тежеу қашықтығын сақтау және авариялық тоқтату.
- Локализация қатесі: сенсор шуылы, тайғанау және біркелкі дәліздердегі белгісіздік.
- Энергия: батарея сыйымдылығы, жүктеме, қозғалыс режимі және зарядтау уақыты.
- Интеграция: лифт, автоматты есік, қойма жүйесі және байланыс инфрақұрылымы.
- Техникалық қызмет: дөңгелек тозуы, мотор қызуы, калибрлеу және бағдарламалық жаңарту.

Инженерлік кейс және бақылау сұрақтары

- Кейс: 40 кг жүк таситын робот 120 м дәлізде жұмыс істеуі тиіс. Платформа түрін таңдаңыз.
- Роботтың орташа жылдамдығы 0,8 м/с болса, бір бағыттағы идеал жүріс уақытын есептеңіз: 150 с.
- Тоқтау, бұрылу және адамдарды айналып өту уақытын қосып, нақты цикл уақытын бағалаңыз.
- Қандай сенсорлар, қауіпсіздік функциялары және KPI көрсеткіштері қажет?
- Сұрақтар: AMR мен AGV айырмашылығы қандай? SLAM не үшін керек? Қай кезде Mecanum тиімді?

Ұсынылатын әдебиет: Siegwart et al., Introduction to Autonomous Mobile Robots; Corke, Robotics, Vision and Control.