12-ДӘРІС

SMART FARMING • АВТОНОМИЯ • ӨНІМДІЛІК

Ауыл шаруашылығында мобильді роботтарды қолдану

Дәлме-дәл егіншілікке арналған автономды жүйелер



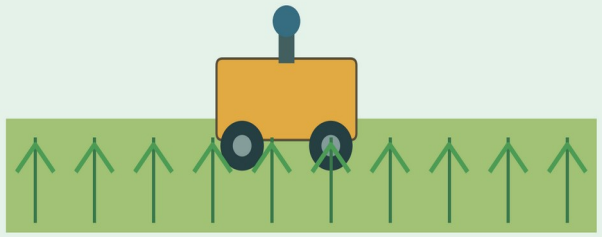
Техникалық шешімдер, экономикалық тиімділік және нақты пайдалану проблемалары

Мақсаты және негізгі ұғымдар

- Агробот — ауыл шаруашылығы операцияларын жартылай немесе толық автономды орындайтын мобильді роботтық жүйе.
- Дәлме-дәл егіншілік (precision agriculture) — сенсорлық деректерге сүйеніп, ресурстарды учаске бойынша саралап пайдалану тәсілі.
- Негізгі операциялар: егістікті бақылау, арамшөпті тану, нүктелік бүрку, жеміс жинау және тасымалдау.
- Роботтың құрамына жүріс платформасы, сенсорлар, навигация, атқарушы механизм, қуат және байланыс модулі кіреді.
- Дәріс нәтижесі: нақты ауылшаруашылық міндетіне робот түрін таңдап, оның тәуекелдерін негіздеу.

Агроботтардың негізгі бағыттары

Егістік алқаптағы автономды платформа



Егістік мониторингі

Өсімдік күйі, топырақ, карта

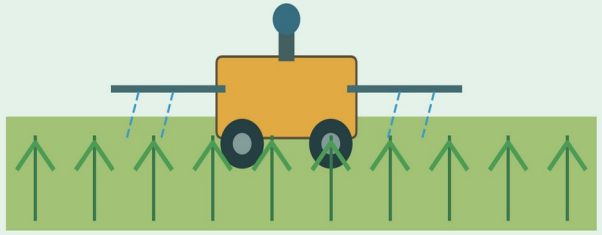
Бақтағы мониторинг және жинау



Бақтағы жұмыстар

Жемісті анықтау, сұрыптау

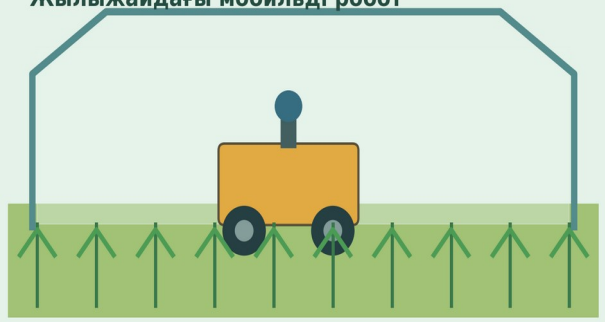
Нүктелік бүрку және агрохимия



Нүктелік бүрку

Арамшөпті тану және өңдеу

Жылыжайдағы мобильді робот



Жылыжай

Қатар аралық навигация

Автономды роботтың жұмыс циклі

1. Қабылдау

RGB/ мультиспектр камера, LiDAR, GNSS

2. Талдау

Ауру/арамшөпті анықтау, карта

3. Жоспарлау

Маршрут, қауіпсіз аймақ, тапсырма

4. Әрекет

Бүрку, жинау, тасымалдау

5. Тексеру

Нәтиже мен шығынды тіркеу

Басқару контуры жабық болуы керек: датчиктер әрекет нәтижесін қайта өлшеп, келесі басқару командасын түзетеді.

Навигация: ашық дала мен жылыжай

Ашық дала

RTK-GNSS және инерциялық датчиктер дәл бағыт ұстауға көмектеседі. Қатарлар, ойлы-қырлы жер, топырақтың жұмсақтығы және спутник сигналының үзілуі қиындық тудырады.

Жылыжай және бақ

Камера, LiDAR, визуалды одометрия және SLAM қолданылады. Тар өткел, қайталанатын өсімдік қатарлары, жапырақтың қозғалысы және жарық өзгерісі локализацияны қиындатады.

Компьютерлік көру және AI



Камера кескіндері арқылы арамшөп, жеміс, ауру белгілері және өсімдіктің даму кезеңі анықталады.

Нейрондық желі сегментациясы өңделетін аймақты бөледі; манипулятор немесе бүріккіш тек қажетті нүктеге әрекет етеді.

Проблема: көлеңке, шаң, жапырақтың жабуы және жаңа сорттар модель дәлдігін төмендетеді. Шешім: әртүрлі жағдайдағы деректер, калибрлеу және далалық тексеру.

Нүктелік бүрку: тиімділік және тәуекел



Робот арамшөп орналасқан нүктені анықтап, саптаманы тиісті сәтте іске қосады. Бұл мақсатсыз өңделетін аумақты қысқартуы мүмкін.

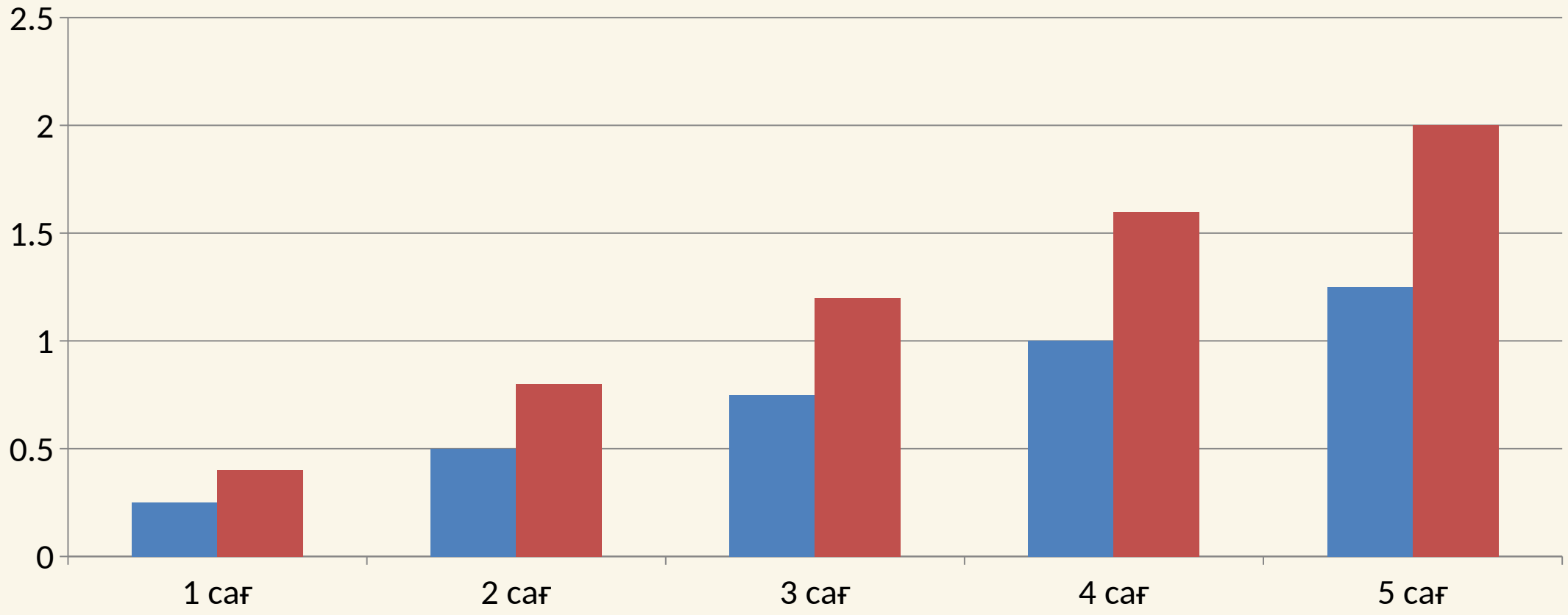
Шектеулер: бүріккіш кідірісі, желмен ұшу (drift), қысымның өзгеруі, қате тану және химиялық қауіпсіздік.

Инженерлік шешім: жылдамдық пен бүрку уақытын синхрондау, саптама калибрлеуі, қорғаныс аймақтары және журналдау.

Робот платформаларын салыстыру

Платформа	Артықшылық	Проблема	Тиімді орта
Доңғалақты	Үнемді, жылдам	Батпақта тайғанау	Қатты топырақ, жол
Шынжыр табанды	Жоғары өтімділік	Топыраққа әсер, тозу	Жұмсақ/кедір-бұдыр
Аяқты	Кедергіден аттау	Күрделі, қымбат	Ерекше бедер
Рельстік/бағытталған	Қайталау дәлдігі	Инфрақұрылым қажет	Жылыжай

Еңбек өнімділігін бағалау: есептік мысал



Шартты сценарий: қолмен 0,25 га/сағ, роботпен 0,40 га/сағ. Нақты өлшеу емес.

Нақты проблемалар және инженерлік шешімдер

Тайғанау және бату	Ылғалды топырақ	Шина/шынжыр таңдау, тартуды бақылау
Навигацияның жоғалуы	GNSS көлеңкесі, қайталанатын қатар	RTK + IMU + камераны біріктіру
Өсімдікті зақымдау	Жолақтан ауытқу, контакт	Қорғаныс аралығы, күш шектеуі
Шаң мен ылғал	Электроникаға әсер	IP-қорғаныс, герметизация
Батареяның таусылуы	Ұзақ миссия, жүктеме	Энергия жоспары, зарядтау логистикасы

Экономика, қауіпсіздік және енгізу

- Экономикалық тиімділік робот бағасымен ғана емес, техникалық қызмет, оператор еңбегі, отын/электр және маусымдық жүктемемен анықталады.
- Ауыл шаруашылығында маусым қысқа: роботтың бос тұру уақытын және жылдық пайдалану коэффициентін есептеу қажет.
- Адамдар, жануарлар және техника аралас ортада кедергіні анықтау, қауіпсіз тоқтау және қолмен басқаруға ауысу міндетті.
- Деректер сапасы мен интернеттің әлсіздігі автономды шешім қабылдауға әсер етеді; жергілікті есептеу мен офлайн режим пайдалы.
- Енгізу кезеңдері: пилоттық учаске → далалық өлшеу → ақауды түзету → кеңейту → жоспарлы қызмет көрсету.

Инженерлік кейс және бақылау сұрақтары

Кейс: 12 гектар алқапта арамшөпті нүктелік анықтап, өңдейтін мобильді робот жобаланады.

1. Қозғалыс платформасын, сенсорларды және навигация әдісін таңдаңыз.
2. Жылдамдық 0,6 м/с, өңдеу ені 1,2 м болса, идеал өнімділікті есептеңіз: 0,259 га/сағ.
3. Бұрылу, зарядтау және тоқтау уақытын қосқанда нақты өнімділік қалай өзгереді?
4. Қате тану, бүрку кідірісі және тайғанауға арналған сынақ жоспарын құрыңыз.
5. Үш KPI ұсыныңыз: га/сағ, дұрыс анықтау үлесі, ресурс шығыны/га.

Әдебиет: Siciliano & Khatib, Springer Handbook of Robotics; Bechar & Vigneault, Agricultural robots for field operations.