



ӘОЖ 631.171(043.3)

ҒТАХА 50.51.19

https://doi.org/10.53364/24138614_2025_37_2_11Р.Т.Аманова^{1*}, Б.А. Бельгибаев¹, Н.Б. Жұмахан¹¹Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан¹E-mail: amanovaraikhan8@gmail.com*

RASPBERRY PI ҚОЛДАНУ АРҚЫЛЫ НҮКТЕЛІК СУАРУДЫ БАСҚАРУДЫҢ РОБОТТАНДЫРЫЛҒАН ЖҮЙЕСІ

Аңдатпа. Бұл мақалада өсімдіктерді нүктелік суарудың автоматтандырылған жүйесін жасау процесі қарастырылады, оның ішінде компьютерлік көру және робототехникалық жүйелерді қолдану мәселелері зерттеледі. Қазіргі таңда ең алдыңғы қатарлы жүйелердің бірі – Raspberry Pi 4 шағын-компьютері мен веб-камера арқылы жұмыс істейтін FPV-агророботтар. Бұл жүйе өсімдіктің тамырына дәл суару үшін визуалды деректерді нақты уақытта бақылауға және талдауға мүмкіндік береді. Бағдарламалық және аппараттық қамтамасыз ету үшін RaspController интернет-қосымшасы тиімді таңдау болып табылады, ол интернеттің жергілікті және галамдық желілерінде қашықтан басқаруға мүмкіндік береді. Осы қосымша арқылы GPIO пиндеріне және веб-камерадан алынған кескінге қолжетімділік қамтамасыз етіледі. Роботтың жүріс бөлігін басқару L298N микросхемасының басқару пиндерін кодтау арқылы жүзеге асырылады. FPV-агророботты басқарудың ерекшелігі – машиналық көру арқылы суару нүктесіне дейінгі қозғалыс траекториясының ақ сызығы мен әрбір өсімдікті суару дозасын анықтайтын көлденең ақ жолақтарды интеллектуалды тану. Агророботтың прототипі сынақтан өтіп, жартылай өнеркәсіптік үлгісін жасауға мүмкіндік берді, ал нүктелік суару әдісін қолдану, су шығынын 50%-дан астам үнемдеуге ықпал етеді.

Түйін сөздер: Нүктелік суару, агророботтар, компьютерлік көру, нейрондық желілер, ауыл шаруашылығы, Raspberry Pi, IoT.

Кіріспе.

Қазіргі заманғы ауыл шаруашылығында суару процестерінің тиімділігін арттыру және автоматтандыру үшін жаңа аппараттық-коммуникациялық технологиялар (АКТ) қолданылады. Суару әдістерінің ішінде нүктелік суару ерекше орын алады. Бұл технология ғасырлар бойы қолданылып келеді және ауыр қол еңбегін қажет етеді. Тәжірибелі көкөніс өсіруші өсімдіктердің жапырақтарының күйі мен дамуына қарай, дәл тамырға суарудан бөлек, өсімдіктің толыққанды дамуы үшін, суарудың оңтайлы мөлшерін алдын ала анықтай алады [6].

Ауыл шаруашылығы саласында су ресурстарын тиімді пайдалану және автоматтандыру мәселесі маңызды ғылыми-зерттеу бағыттарының бірі болып табылады. Дәстүрлі суару әдістері су шығынын арттырып, өсімдіктердің әрқелкі ылғалдануына әкелуі мүмкін, бұл өнімділікке теріс әсер етеді. Сондықтан нүктелік суару технологиясы заманауи ауыл шаруашылығында суды үнемдеудің перспективалы шешімі ретінде қарастырылады. Бұл әдіс суды өсімдіктің тамырына дәл жеткізуді қамтамасыз етіп, судың ысырап болуын 50%-дан астамға азайтуға мүмкіндік береді.

Автоматтандырылған нүктелік суару жүйелерін дамытуда робототехника мен

компьютерлік көру технологиялары маңызды рөл атқарады. Компьютерлік көру өсімдіктердің күйін талдауға, олардың қажеттіліктерін бағалауға және суару процесін оңтайландыруға мүмкіндік береді. Зерттеулер көрсеткендей, конволюциялық нейрондық желілер (CNN) өсімдік ауруларын 95,9%-ға дейінгі дәлдікпен анықтай алады, бұл суаруды нақты қажеттіліктерге қарай бейімдеуге жол ашады. Мұндай технологиялар су ресурстарын үнемдеуге ғана емес, сонымен қатар ауылшаруашылық өнімділігін арттыруға да ықпал етеді. [1] Н.У. Стасенко және оның әріптестері компьютерлік көру технологиялары ауыл шаруашылығы тәжірибесін жақсартатынын, жиналғаннан кейінгі шіру мен саңырауқұлақ инфекцияларын ерте анықтап, өнімнің сапасын бақылауды жақсартып, шығындарды азайтатынын көрсетті [2].

Коимбра университетінің зерттеушілері Интернет заттар (IoT) мен компьютерлік көру технологияларын біріктіретін зиянкестерді бақылау жүйесін әзірледі. Олар зиянкестерді автоматты түрде анықтау үшін YOLO және R-CNN сияқты терең оқыту үлгілерін қолданды, бұл зиянкестердің санын жылдам бағалауға, еңбек шығындарын азайтуға және пестицидтердің артық пайдаланылуын болдырмауға мүмкіндік берді [3]. Брэндон Виктордың тобы ауыл шаруашылығында терең оқытуды қолданудың бес негізгі саласын анықтады, оның ішінде топырақты бақылау, өсімдіктердің физиологиялық жағдайын бағалау және өнімділікті болжау. Олар терең оқытудың қазіргі әдістері дәстүрлі тәсілдерден жиі асып түсетінін көрсетті [4].

Бүгінгі таңда Raspberry Pi 4 негізінде жұмыс істейтін FPV-агророботтар ауыл шаруашылығындағы нүктелік суару жүйелерін автоматтандыруда үлкен мүмкіндіктерге ие. Бұл роботтар визуалды ақпаратты өңдей отырып, өсімдіктердің күйін нақты уақыт режимінде бақылауға және қажетті су мөлшерін есептеуге мүмкіндік береді. Алайда, қазіргі қолданыстағы жүйелердің тиімділігі мен тұрақтылығы нақты далалық жағдайларда әлі де толық зерттелмеген.

Осы зерттеуде біз Raspberry Pi 4 негізінде нүктелік суаруды басқару жүйесін әзірлеуді және оны ауыл шаруашылығына бейімдеуді қарастырамыз. Ұсынылған жүйе компьютерлік көру мен машиналық оқытуды қолдана отырып, өсімдіктердің жағдайын бағалау, суару процесін автоматтандыру және су шығынын азайту міндеттерін шешуге бағытталған. Сонымен қатар, бұл технологияны тағам өнеркәсібінде, әсіресе аспаздық цехтарды роботтандыруда қалай қолдануға болатыны зерттеледі. Ұсынылған роботтың прототипі аспаздық өндіріс процестерін бақылау, ингредиенттерді өңдеу және оңтайландыру міндеттерін автоматтандыруға бейімделуі мүмкін. Бұл зерттеу ауыл шаруашылығында роботтандыруды дамытуға қосымша үлес қосып, суды үнемдеудің тиімді әдістерін ұсынуға көмектеседі, сондай-ақ азық-түлік өнеркәсібінде смарт-технологияларды енгізу мүмкіндіктерін кеңейтеді.

Осы мақалада Raspberry Pi 4 негізінде компьютерлік көру және нейрондық желілерді қолданатын нүктелік суарудың роботтандырылған жүйесін әзірлеу және оны ауыл шаруашылығы жағдайларына бейімдеу мақсаты қойылды.

Материалдар мен тәсілдер.

Raspberry Pi 4 негізіндегі жүйе роботтың қозғалысын, суару алгоритмін және сенсорлық мәліметтерді өңдеуді қамтамасыз етеді. Оның келесі ерекшеліктері бар:

1. Бірплаталы ARM негізіндегі шағын-компьютер, нейрокомпьютерлік жүйелермен үйлесімді және ықшамдылығының арқасында роботтың басқару жүйесінде тиімді қолданылады;

2. Ақ сызықтарды тану модульдері бар Intel NCS2 нейроүдеткіші, ол машиналық оқыту алгоритмдерінің орындалу жылдамдығын арттырады және нақты уақыттағы бейне өңдеуді жақсартады;

3. Raspberry OS жүйесіне негізделген GPIO кітапханасы, бұл роботтың басқару пиндерін күрделі код жазбай-ақ RaspController қосымшасы арқылы қашықтан басқаруға

мүмкіндік береді [9];

4.Төмен энергия тұтынуы, бұл роботтың автономды жұмыс істеуін қамтамасыз етіп, өсімдік қатарлары арасында сымсыз жылжуға мүмкіндік береді;

5.RaspController қосымшасына кіріктірілген бағдарламалық-аппараттық кешен (ПАК), ол веб-қосымшаны пайдалана отырып, роботты қашықтан бақылау мен басқару процесін жеңілдетеді [8].

Компьютерлік көру технологиясымен жабдықталған FPV-агророботтың тиімділігін арттыру үшін оның корпусына Raspberry Pi 4 негізінде бейнебақылау модулі орнатылды. Бұл модуль өсімдіктердің жағдайын бақылау, ақ сызықтарды тану, және суару қажеттілігін бағалау үшін қолданылады..

Роботтың басқару жүйесінің маңызды бөлігі – OpenCV бағдарламалық ортасы. Бірінші кезеңде OpenCV орнатылып, веб-камерадан алынған бейнелер нақты уақыт режимінде өңделеді. Оның соңғы нұсқалары нейрондық желілерді терең оқыту (DNN) функцияларымен жабдықталған. Нейрондық желілерді пайдаланып микроконтроллердің жұмысын жеделдету үшін OpenCV бағдарламалау ортасының болуы міндетті [10].

Нейрондық желілерді қолдану объектілерді жылдам анықтауға және роботтың жұмысын оңтайландыруға мүмкіндік береді. Тәжірибелер көрсеткендей, OpenCV және DNN үйлесімі нақты уақыт режимінде суару нүктелерін дәл анықтауға және роботтың қозғалысын интеллектуалды басқаруға мүмкіндік береді.

Бұл типтегі компьютер интеллектуалды бейне көруді қолданатын мультимедиялық робототехникалық жүйелерді басқару үшін ең тиімді шешім болып табылады. Жоғарыда атап өтілгендей, шасси үшін оңтайлы схеманы құру көлік роботының маневрлік және басқару мәселелерін шешуге мүмкіндік береді. Екі тұрақты ток қозғалтқышының дөңгелектерін пайдалану ұсынылады: олардың барлығы алға жылжу кезінде сағат тілімен бір уақытта айналады, ал кері қозғалыс дөңгелектер сағат тіліне қарсы айналғанда жүзеге асады.

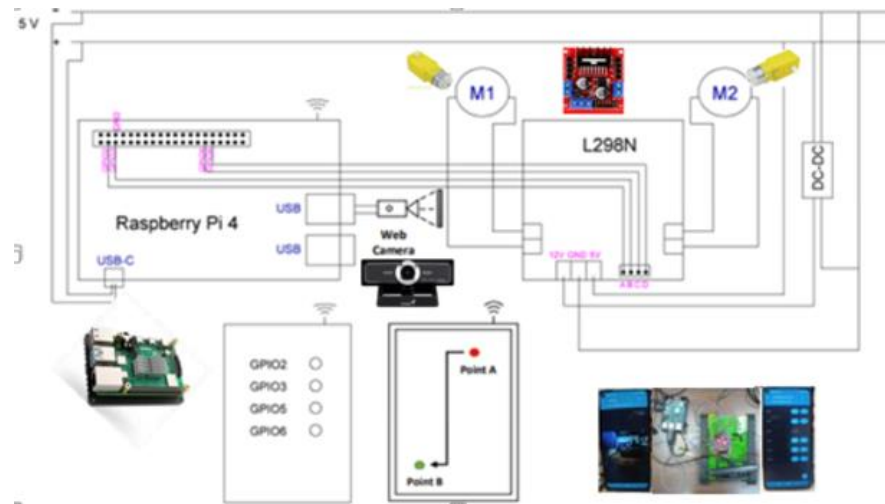
Оңға бұрылу сол жақтағы дөңгелектерді айналдыру арқылы жүзеге асырылады, ал оң жақтағы дөңгелектерді тоқтату арқылы. Солға бұрылу дәл солай, тек сол жақтағы дөңгелектер қозғалады, ал оң жақтағы дөңгелектер тоқтатылады. Бұл алгоритм «танк» принципі бойынша бұрылыс деп аталады.

Сағат тіліне қарсы жылдам бұрылу сол жақтағы дөңгелектерді сағат тілімен, ал оң жақтағы дөңгелектерді сағат тіліне қарсы бағытта синхронды айналдыру арқылы жүзеге асырылады. Сол сияқты, арбаны сағат тілімен айналдыруға болады.

Роботтың қозғалыс дөңгелектерінің айналу бағыты тұрақты ток қозғалтқышының қуат сымдарындағы полярлықты өзгерту арқылы басқарылады. Бұл басқару жүйесі 5 вольттық микроавтоматтандыру негізінде жүзеге асады. Қуат көзі ретінде 100 ампер-сағаттан кем емес сыйымдылығы бар аккумуляторлар қолданылады, олар ұзақ уақыт автономды жұмыс істеуді қамтамасыз етеді. Төменде, 1-суретте, шасси электр схемасы және оның Raspberry Pi 4 компьютерінің 5 вольттық кіріс/шығыс істік қосқыштарымен (GPIO пиндері) интерфейсі, сондай-ақ 5 вольттық тарту кернеуін 12-24 вольтқа дейін арттыру схемасы көрсетілген.

Талқылау.

Роботталған тележканың мотор-дөңгелектерін тестілеу тәртібін талқылайық. Біріншіден, нарықта қуаты мен кернеуі әртүрлі тұрақты ток мотор-дөңгелектеріне арналған H-мост драйверлері бар. Тесттік сынақтар үшін қуаты 20 ватт болатын L298N микросхемасы таңдалды, ал жартылай өнеркәсіптік сынақтар кезінде қуаты 800 ваттқа дейінгі электрбайк драйверлерін қолдануға болады.



Сурет 1 – Робот платформасының оң жақ M1 және сол жақ M2 қозғалтқыш дөңгелектерін робот арбасының қозғалысын цифрлық басқару үшін Raspberry Pi 4 шағын ДК-мен біріктіруге арналған схема

Көріп отырғаныңыздай, суретте шағын ДК 5 вольт кернеумен USB Type-C қосқышы арқылы қоректенеді, ал мотор-дөңгелек прототипі 12 вольт кернеумен жұмыс істейді. L298N қозғалтқыш драйвері Н-көпірлерінің электрлік алгоритмін жүзеге асырады, оның логикасы 4 кіріс түйреуіш қосқыштарының электрлік күйіне байланысты орындалады. Мысалы, INA кірісіне 5 вольт кернеу берілгенде, А қосқышының күйі 0-ден 1-ге өзгереді. 2-суретте M1 қозғалтқыштар тобы үшін INA және INB логикалық комбинацияларына, ал M2 қозғалтқыштары үшін INC және IND комбинацияларына байланысты электр қозғалтқыштарының айналу бағыттарын басқару кодталуы көрсетілген.

Жоғарыда сипатталғандай, төрт түйреуіш ABCD қосқышының кодтауын (2-суретті қараңыз) сымды және сымсыз нұсқаларда радиореле арқылы жасауға болады. Біздің жағдайда, Raspberry Pi 4 шағын-компьютері алғаш қосылған кезде автоматты түрде Wi-Fi желісіне қосылады, бұл желіде әдетте қызметкерлердің смартфондары да қосылуы болады. Робот-арбамен тек осы IoT құрылғысының IP-мекенжайы мен паролі бар, сондай-ақ RaspController қосымшасы орнатылған қызметкерлер ғана байланыса алады.

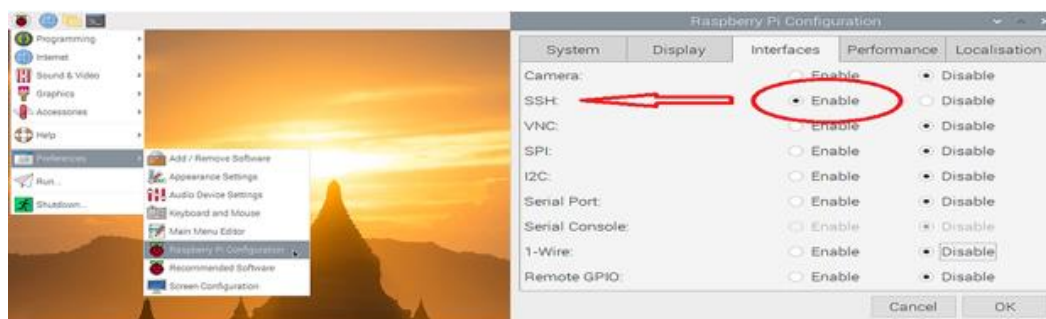
M1	INA	INB	INC	IND	M2
↻	1	0	1	0	↻
↺	0	1	0	1	↺
STOP	0	0	0	0	STOP

Сурет 2 – L298N драйвері арқылы мотор-дөңгелектерді басқару логикасының кодталуы

Арбаның бейнекөрінісін алу үшін Raspberry Pi 4 шағын-компьютерінің USB қосқышына стандартты USB коннекторымен веб-камераны қосу арқылы жүзеге асырылады. Бұл жағдайда арнайы баптаулар немесе арнайы кітапханаларды орнату қажет емес. RaspController қосымшасында GPIO пиндеріне және веб-камераға қол жеткізу үшін

арнайы қойындылар бар, бұл пайдаланушыға құрылғыны оңай бақылап, басқаруға мүмкіндік береді [7].

Raspberry Pi 4 құрылғысын қосқаннан кейінгі бірінші қадам – SSH орнату. Ол үшін 3а-суретте көрсетілген қадамдарды орындау қажет. «Интерфейстер» қойындысына өтіп, SSH қосыңыз (3б-суретке қараңыз). «OK» түймесін басқаннан кейін, негізгі мәзірге өтіп, Raspberry Pi OS-ті қайта жүктейтін «Shutdown» командасын енгізу қажет.



а

б

Сурет 3 – SSH орнату және операциялық жүйені қайта іске қосу жолы.

Raspberry Pi 4 шағын ДК-ны жергілікті WiFi желісіне қосқан кезде, контроллерге бірегей IP мекенжайы тағайындалады. Оны анықтау үшін тінтуірді Wi-Fi белгішесіне апарыңыз немесе терминалға `ifconfig` немесе `ip address` пәрменін енгізіңіз. Алынған IP мекенжайы, мысалы, 192.168.1.20, микроконтроллер қатысатын жергілікті желіде деректер алмасу кезінде статикалық болуы керек. Әйтпесе, шағын ДК-мен байланыс жоғалады. Төменде командалық терезе көрсетілген.

```
pi@raspberrypi:~$ ifconfig
eth0: flags=4096<UP,BROADCAST,MULTICAST> mtu 1500
    ether dc:a6:32:0f:0d:1d txqueuelen 1000 (Ethernet)
    RX packets 0 bytes 0 (0.0 B)
    RX errors 0 dropped 0 overruns 0 frame 0
    TX packets 0 bytes 0 (0.0 B)
    TX errors 0 dropped 0 overruns 0 carrier 0 collisions 0

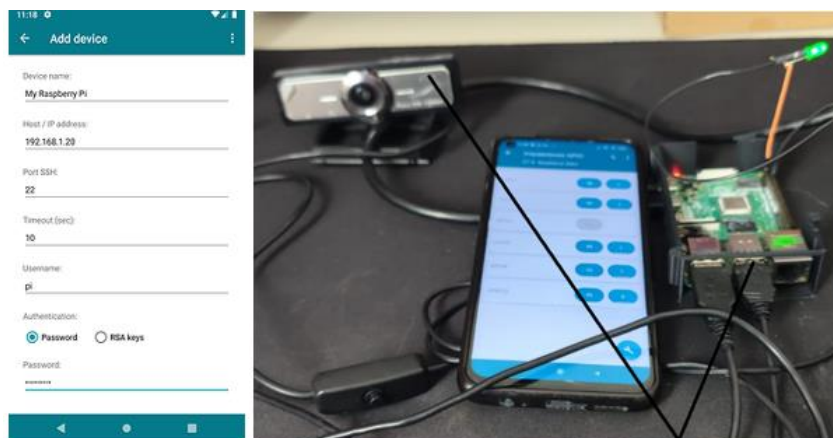
lo: flags=73<UP,LOOPBACK,RUNNING> mtu 65536
    inet 127.0.0.1 netmask 255.0.0.0
    inet6 ::1 prefixlen 128 scopeid 0x10<host>
    loop txqueuelen 1000 (Local Loopback)
    RX packets 0 bytes 0 (0.0 B)
    RX errors 0 dropped 0 overruns 0 frame 0
    TX packets 0 bytes 0 (0.0 B)
    TX errors 0 dropped 0 overruns 0 carrier 0 collisions 0

wlan0: flags=4163<UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST> mtu 1500
    inet 192.168.1.20 netmask 255.255.255.0 broadcast 102.108.1.255
    inet6 fe80::d07:7aac:416f:73ab prefixlen 64 scopeid 0x20<link>
    ether dc:a6:32:0f:0d:1e txqueuelen 1000 (Ethernet)
    RX packets 43511 bytes 63020866 (60.1 MiB)
    RX errors 0 dropped 0 overruns 0 frame 0
    TX packets 12075 bytes 1177035 (1.1 MiB)
    TX errors 0 dropped 0 overruns 0 carrier 0 collisions 0

pi@raspberrypi:~$
```

Сурет 4 – Ifconfig пәрмені енгізілгеннен кейінгі командалық терезе

Осы әрекеттерді орындағаннан кейін, Raspberry Pi қосылған жергілікті желіге ұялы телефонды қосу қажет. Содан кейін RaspController қосымшасын іске қосып, жаңа құрылғыны жасау үшін Raspberry Pi-дің IP мекенжайын, пайдаланушы атын және құпиясөзді пайдалану арқылы қосымшада құрылғыны орнатыңыз. Әдетте, SSH портының нөмірі 22 болып табылады. Төменде 5-суретте RaspController қосымшасын баптау мысалы көрсетілген.



Сурет 5 – Шағын компьютерді қашықтан басқаруға арналған RaspController қолданбасы, мұнда: а) жергілікті Wi-Fi желісін орнату; б) GPIO2 түймесі арқылы 3 вольттік тұрақты ток шамын қосу/өшіру үшін қолданбадағы басқару және қара жолақтар веб-камераны Raspberry Pi 4 шағын ДК USB қосқышына қосу схемасын белгілейді.

Нәтижелер.

Raspberry Pi 4 негізінде құрастырылған FPV-агророботтың прототипі зерттеу аясында жасалып, жылыжай жағдайында сынақтан өткізілді. Роботтың компьютерлік көру модулі нақты уақытта ақ бағыттаушы сызықтар мен суару нүктелерін сенімді түрде танып, дәл суаруды жүзеге асыруға мүмкіндік берді.

Сынақ барысында суды тұтыну көлемі дәстүрлі суару тәсілдерімен салыстырғанда 50%-ға дейін азайғаны байқалды. Сонымен қатар, RaspController мобильді қосымшасы арқылы құрылғыны қашықтан басқару сәтті іске асты. Роботтың қозғалысы L298N драйвері арқылы «танк тәрізді бұрылыс» принципімен басқарылып, тұрақты және дәл әрекет ететіні дәлелденді. Жүйе суару процесін оңтайландырып қана қоймай, еңбек ресурстарын да үнемдеуге жағдай жасады.

Қорытынды.

Бұл зерттеу Raspberry Pi 4 негізінде FPV-агророботтың нүктелік суару жүйесін басқару мүмкіндіктерін кеңейтуге бағытталды. Әдеби шолу мен тәжірибелік талдау RaspController қосымшасын ауыл шаруашылығындағы автоматтандырылған суару жүйелерінде пайдалану тәжірибесінің жоқтығын көрсетті. Алайда, оның веб-интерфейсі роботты қашықтан басқару мен қозғалысты нақты уақыт режимінде бақылау мүмкіндігін ұсынады, бұл оны ауылшаруашылық және өнеркәсіптік қолданбаларға ыңғайлы етеді.

Жүргізілген эксперименттер көрсеткендей, роботтың қозғалысы L298N мотор-драйвері арқылы "танктік бұрылыс" қағидаты бойынша тиімді басқарылады. Компьютерлік көру алгоритмдері ақ сызықтарды және арнайы белгілерді тану арқылы суару процесін автоматтандыруға мүмкіндік береді. Бұл тәсіл су ресурстарын 50%-ға дейін үнемдеуге және аграрлық секторда еңбек шығындарын азайтуға ықпал етеді.

Сонымен қатар, FPV-роботтың басқару жүйесі тағам өнеркәсібінде де қолданылуы мүмкін. Өнімдерді тану, өңдеу және мөлшерлеу процестерін автоматтандыру арқылы аспаздық өндірісті оңтайландыруға жағдай жасайды. Бұл зерттеу ауыл шаруашылығы мен өнеркәсіптік робототехника арасындағы байланысты зерттеуге үлес қосып, автоматтандырылған басқару жүйелерін дамытуға жаңа перспективалар ашады.

Алдағы уақытта зерттеуді роботтың сенсорлық жүйесін жетілдіру, энергия тұтынуды оңтайландыру және дәлдікті арттыру бағытында жалғастыру жоспарлануда. Бұл FPV-агророботтың практикалық қолданылуын кеңейтуге және оның тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді.

R24992975 Жасанды интеллект пен технологияларды қолдану арқылы тамақ өнеркәсібі кәсіпорнының цифрлық егізін әзірлеу.

Әдебиеттер

1. Ахмед, Х., Эльсайед, О., Наср, А., Эльзокм, А., Ямен, Алы, Шерин, М., Юсуф, К., Карма, М., Фаталла. (2024). Робототехника технологиясы және ауыл шаруашылығы үшін компьютерлік көру. doi: 10.1109/icmisi61517.2024.10580452

2. Стасенко, Н.У., Савинов, М.С., Шадрин, Д., Сомов, А. (2023). Дәл ауыл шаруашылығында терең оқыту: алмадағы ерте өнім жинаудан кейінгі шіруді болжау үшін жасанды түрде генерацияланған VNIR кескіндерін сегментациялау. Entropy, 25(7):987-987. doi: 10.3390/e25070987

3. Бруно де Васконселос, Кардозо, Катарина, Силва, Жоана, Коста, Бернарде, Рибейро. (2022). Интернет заттар (IoT) және компьютерлік көруді біріктіріп, ақылды зиянкестерді бақылау жүйесін құру. Applied Sciences, doi: 10.3390/app12189397

4. Виктор, Б., Хе, З., Нибали, А. (2022). Ауыл шаруашылығы үшін спутниктік суреттердегі терең оқытудың қолданылуын жүйелі түрде шолу. La Trobe университеті, Мельбурн, Австралия. Қолжетімді: <http://arxiv.org/abs/2210.01272v1>

5. Тиммонс-Браун, М. (2020). Raspberry Pi көмегімен роботтарды үйрену: Өзі жүретін, сезетін және ойлайтын роботтарды құрып кодтау (Ресей тілінде аударған В. Яценкова). Санкт-Петербург: BHV-Petersburg. (Алғашқы шығарылымы 2019).

6. Мансурова, М., Бельгибаев, Б., Аманова, Р., Байгараева, З. (2024). Мини жылыжай үшін манипулятор және компьютерлік көрумен жабдықталған суару автономды мобильді роботтың прототипі. BIO Web of Conferences, 100, 02023. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202410002023>

7. Мансурова, М., Бельгибаев, Б., Жолдас, Н., Рысбаева, Р., Дуйсембаева, Л. (2023). Аурухана хирургиялық бөлімінің көлік логистикасын роботтандыру. 17-ші IEEE Халықаралық ақпараттық және коммуникациялық технологиялар қолданбалары конференциясы (AICT), Баку, 18-20 қазан 2023 ж. <https://doi.org/10.1109/AICT59525.2023.10313144>

8. Бельгибаев, Б., Мансурова, М., Абдрахим, С., Орманбекова, А. (2024). Қазақстан мегаполистерінде басқару миникомпьютері негізінде бейнемазмұнды көрумен ақылды көше шамдары. Procedia Computer Science, 231, 792-797. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.12.136>

9. Стефан, Каролчик, Николас, Мискуридес, Мигель, Качо-Соблехеро, Пантелис, Георгиу. (2020). 1. ISFET массивтерін пайдаланып иондық бейнелеу үшін жоғары өнімді Raspberry Pi негізіндегі интерфейс. IEEE Sensors Journal, doi: 10.1109/JSEN.2020.3003564

10. Кен, Т., Мурата, Прафан, Паварангкун, Сомнук, Фон-Амнуайсук, Такамичи, Мизухара, Казунори, Ямамото, Казуя, Муранга, Тошики, Аоки. (2019). Raspberry Pi-де Visual IoT үшін бағдарламалау ортасы. doi: 10.1109/DASC/PICOM/CBDCOM/CYBERSCTECH.2019.00180

References

1. Ahmed, H., Elsayed., Omar, A., Nasr., Ahmed, Elzokm., Yamen, Aly., Sherin, M., Youssef., Karma, M., Fathalla. (2024). Robotics Technology and Computer Vision for Precision Agriculture. doi: 10.1109/icmisi61517.2024.10580452

2. N., U., Stasenko., Maxim, S., Savinov., Dmitrii, Shadrin., Andrey, Somov. (2023). Deep Learning in Precision Agriculture: Artificially Generated VNIR Images Segmentation for Early Postharvest Decay Prediction in Apples. Entropy, 25(7):987-987. doi: 10.3390/e25070987

3. Bruno, de, Vasconcelos, Cardoso., Catarina, Silva., Joana, Costa., Bernardete, Ribeiro. (2022). Internet of Things Meets Computer Vision to Make an Intelligent Pest Monitoring Network. Applied Sciences, doi: 10.3390/app121893974.
4. Victor, B., He, Z., & Nibali, A. (2022). A systematic review of the use of Deep Learning in Satellite Imagery for Agriculture. La Trobe University, Melbourne, Australia. Retrieved from <http://arxiv.org/abs/2210.01272v1>.
5. Timmons-Brown, M. (2020). Learn Robotics with Raspberry Pi: Build and Code Your Own Moving, Sensing, Thinking Robots (Russian translation by V. Yatsenkova). St. Petersburg: BHV-Petersburg. (Original work published 2019).
6. Mansurova, M., Belgibaev, B., Amanova, R., & Baigarayeva, Z. (2024). Prototype of a watering autonomous mobile robot for mini greenhouse with manipulator and computer vision. BIO Web of Conferences, 100, 02023. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202410002023>
7. Mansurova, M., Belgibaev, B., Zholdas, N., Rysbayeva, R., & Duissembayeva, L. (2023). Robotization of Transport Logistics of the Surgical Department of the Hospital. 17th IEEE International Conference on Application of Information and Communication Technologies (AICT), Baku, October 18-20, 2023. <https://doi.org/10.1109/AICT59525.2023.10313144>
8. Belgibaev, B., Mansurova, M., Abdrakhim, S., & Ormanbekova, A. (2024). Smart traffic lights with video vision based on a control minicomputer in Kazakhstani megacities. Procedia Computer Science, 231, 792-797. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.12.136>
9. Stefan, Karolcik., Nicholas, Miscourides., Miguel, Cacho-Soblechero., Pantelis, Georgiou. (2020). 1. A High-Performance Raspberry Pi-Based Interface for Ion Imaging Using ISFET Arrays. IEEE Sensors Journal, doi: 10.1109/JSEN.2020.3003564
10. Ken, T., Murata., Praphan, Pavarangkoon., Somnuk, Phon-Amnuaisuk., Takamichi, Mizuhara., Kazunori, Yamamoto., Kazuya, Muranaga., Toshiki, Aoki. (2019). A Programming Environment for Visual IoT on Raspberry Pi. doi: 10.1109/DASC/PICOM/CBDCOM/CYBERSCTECH.2019.00180

РОБОТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТОЧЕЧНЫМ ОРОШЕНИЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ RASPBERRY PI

Аннотация. В данной статье рассматривается процесс разработки автоматизированной системы точечного орошения для растений, включая вопросы применения компьютерного зрения и робототехнических систем. На сегодняшний день одной из самых передовых систем являются FPV-агророботы, работающие на базе мини-компьютера Raspberry Pi 4 и веб-камеры. Эта система позволяет в реальном времени отслеживать и анализировать визуальные данные для точечного орошения корней растений. Для разработки программного и аппаратного обеспечения оптимальным выбором является интернет-приложение RaspController, которое позволяет удаленно управлять через локальные и глобальные сети Интернета. Это приложение обеспечивает доступ к GPIO пинам и изображениям с веб-камеры. Управление движущейся частью робота осуществляется через кодирование управляющих пинов микросхемы L298N. Особенность управления FPV-агророботом заключается в интеллектуальном распознавании белых линий траектории движения до точки орошения и горизонтальных белых полос, определяющих дозу орошения для каждого растения, с использованием компьютерного зрения. Прототип агроробота прошел испытания и дал возможность создать работающий полупромышленный образец, а применение метода точечного орошения способствует экономии более 50% воды.

Ключевые слова: Точечное орошение, агророботы, компьютерное зрение, нейронные сети, сельское хозяйство, Raspberry Pi, IOT.

ROBOTIZED SYSTEM FOR MANAGING SPOT IRRIGATION USING RASPBERRY PI

Abstract. This article discusses the process of developing an automated spot irrigation system for plants, including the use of computer vision and robotic systems. One of the most advanced systems today is the FPV agro-robots operating with the Raspberry Pi 4 mini-computer and a web camera. This system allows real-time monitoring and analysis of visual data for accurate irrigation of plant roots. The optimal choice for software and hardware development is the RaspController web application, which enables remote control via local and global Internet networks. This application provides access to GPIO pins and images from the web camera. Control of the robot's movement is carried out by encoding the control pins of the L298N chip. A key feature of controlling the FPV agro-robot is the intelligent recognition of the white lines of the movement trajectory to the irrigation point and horizontal white strips that determine the watering dose for each plant, using computer vision. The prototype of the agro-robot has passed testing and has enabled the creation of a working semi-industrial model, and the use of the spot irrigation method contributes to saving over 50% of water.

Keywords: Spot irrigation, agro-robots, computer vision, neural networks, agriculture, Raspberry Pi, IOT.

Авторлар туралы мәлімет

Аманова Райхан Темирбаевна	Докторант, Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті Алматы қ., Қазақстан, E-mail: amanovaraikhan8@gmail.com
Белгібаев Бауржан Абдрахимович	Доцент, Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті Алматы қ., Қазақстан, E-mail: bbelgibaev@list.ru
Жұмахан Нұржан Бейбітұлы	Докторант, Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті Алматы қ., Қазақстан, E-mail: Nurzhan_14_95@mail.ru

Сведение об авторах

Аманова Райхан Темирбаевна	Докторант, Казахский национальный университет имени Аль-Фараби, город Алматы, Казахстан, E-mail: amanovaraikhan8@gmail.com
Бельгибаев Бауржан Абдрахимович	Доцент, Казахский национальный университет имени Аль-Фараби, город Алматы, Казахстан, E-mail: bbelgibaev@list.ru
Жумахан Нуржан Бейбитулы	Докторант, Казахский национальный университет имени Аль-Фараби, город Алматы, Казахстан, E-mail: Nurzhan_14_95@mail.ru

Information about the authors

Amanova Raikhan Temirbaevna	Doctoral student, Al-Farabi Kazakh National University Almaty, Kazakhstan, E-mail: amanovaraikhan8@gmail.com
Belgibaev Baurzhan Abdrakhimovich	Associate Professor, Al-Farabi Kazakh National University Almaty, Kazakhstan, E-mail: bbelgibaev@list.ru
Zhumakhan Nurzhan Beibituly	Doctoral student, Al-Farabi Kazakh National University Almaty, Kazakhstan, E-mail: Nurzhan_14_95@mail.ru