HÜSEYN QURBANOV

DƏQİQ ƏKİNÇİLİKDƏ RƏQƏMSAL TEXNOLOGİYALAR

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI
KƏND TƏSƏRRÜFATI NAZIRLİYİ
AZƏRBAYCAN DÖVLƏT AQRAR UNİVERSİTETİ
"AQROMEXANİKA" ELMİ-TƏDQİQAT İNSTİTUTU

HÜSEYN QURBANOV

DƏQİQ ƏKİNÇİLİKDƏ RƏQƏMSAL TEXNOLOGİYALAR

GƏNCƏ-2022

***Elmi redaktor:* Elmar Nağıyev**
“Aqromexanika”E.T İnstitutunun dosenti,
texnika üzrə fəlsəfə doktoru

***Rəy verənlər:* Cəmaləddin Məmmədov**
ADAU –nun Professoru,
texnika üzrə elmlər doktoru

Ələddin Tağıyev
“Bitki Mühafizə və Texniki Bitkilər
Elmi Tədqiqat İnstitutu”nun Professoru,
aqronomiya üzrə elmlər doktoru,

Fariz Ələkbərov
“Bitki Mühafizə və Texniki Bitkilər
Elmi Tədqiqat İnstitutu”nun dosenti,
aqronomiya üzrə fəlsəfə doktoru,
direktorun elmi işlər üzrə müavini

H.N.Qurbanov, “*Dəqiq əkinçilikdə rəqəmsal texnologiyalar”* (Gəncə şəhəri, “Aqromexanika” Elmi Tədqiqat İnstitutu, 2022 –ci il, 172 səh.

Kitabda müasir innovativ texnologiyalar o cümlədən dəqiq əkinçilikdə rəqəmsal texnologiyalar, VRT dəyişən norma texnologiyaları, PUA, dron texnologiyası,GNSS qlobal naviqasiya peyk sistemi,GİS coğrafi informasiya sistemi, RTK “real vaxt kinematikası”,PPP “dəqiq nöqtə mövqe təyinatı” GPS - sistem texnologiyasının kənd təsərrüfatına tətbiqi,aqrobotların kənd təsərrüfatına tətbiqi, İOT suvarma sistemləri, dəqiq suvarma və riyazi hesabatları,dəqiqlik səviyyəsi,ümumi texnologiyaların cəhətləri,cihaz və avadanlıqlar onlardan istifadə qaydaları verilmişdir. Kənd təsərrüfatında fermerləri, sahibkarları və bu sahədə təhsil alan tələbələri, magistrləri, disertantları və müəllimləri maarifləndirmə istiqamətində yardımçı olacaqdır.

Qurbanov Hüseyn Nürəddin oğlu

Böyük elmi işçi
"Aqromexanika" Elmi -Tədqiqat İnstitutu.

e-mail: genclik79@mail.ru
huseynyeni@gmail.com
Doğum tarixi: 04.11.1979-cu il

Təhsili, elmi dərəcəsi,elmi adı

Azərbaycan Kənd Təsərrüfatı Akademiyasının (indiki Azərbaycan Dövlət Aqrar Universiteti) "Aqrar istehsalın mexanikləşdirilməsi" fakultəsini 2001-ci ildə bakalavr, 2003-cü ildə isə magistr pilləsini bitirib.

2014-cü ildə Elmi Tədqiqat "Aqromexanika" İnstitutunda "Dağ əkinçiliyində dənli bitkilərin becərilməsində mineral gübrələrin verilməsi üçün texnologiya və texniki vasitələrin işlənib hazırlanması" mövzusunda dissertanturaya qəbul olub.

Əmək fəaliyyəti

"Aqromexanika" Elmi-Tədqiqat İnstitutunda "Bitkiçiliyin mexanikləşdirilməsi" laboratoriyasında böyük elmi işçi vəzifəsində 10 ildən artıqdır ki, çalışır.

Beynəlxalq treninqlər, simpozium və konfranslar

1. 2014-cü il Aqrolizinq ASC-nin Yevlax Əsaslı Təmir Emalatxanasının nəzdində “ Sampo ” kombayının istismarı və idarə olunması ilə əlaqədar təşkil olunmuş beynəlxalq treninq. Yevlax şəhəri.

2. 2014-cü il 15-18 Aprel “Aqrolizinq” ASC-nin təşkil etdiyi ADAU-nun nəzdində TC-5000 New Holland kombaynlarının istismarı, təmiri və idarə olunması ilə əlaqədar beynəlxalq treninq. Gəncə şəhəri.

3. 2014-cü il 28-30 Aprel “Aqrolizinq” ASC-nin təşkil etdiyi RAO GLOBAL GROUP GmbH” Almaniyanın Ağstafa filialında “Claas Dominator-130” markalı kombaynın istismarı, təmiri və idarə olunması ilə əlaqədar beynəlxalq treninq. Ağstafa rayonu.

Seçilmiş əsərləri

Kitablar

1. H.Qurbanov. “Dənli bitkiləri yığan müasir kombaynlar” Gəncə, 2019 – cu il.

2. H.Qurbanov. “Pambıqyığan müasir kombaynlar” Gəncə, 2019 – cu il.

Tövsiyələr

1. H.Qurbanov. “Pambığın becərilməsində mulçalama texnologiyası və mulçalayan maşınlar” Gəncə, 2020-ci il.

2. H.Qurbanov. “GPS – sistem texnologiyasının kənd təsərrüfatına tətbiqi” Gəncə, 2020 –ci il.

3. K. Fətəliyev, N. Nuriyev, H. Qurbanov, T. Məmmədov. “John Deere CP-690 markalı pambıqyığan kombayının quruluşu, nizamlanması və texniki təhlükəsizlik qaydaları” Gəncə, 2017 -ci il.

Kənd təsərrüfatının mexanikləşdirilməsi istiqamətində çox saylı məqalələri var.

“QARABAĞ AZƏRBAYCANDIR !”
İlham Əliyev
Azərbaycan Respublikasının Prezidenti

Ön söz

Otuz il ərzində erməni işğalı altında qalmış Qarabağ və ətraf rayonlarımızda yeni quruculuq işləri aparılır. Erməni vandalizminin izləri yavaş-yavaş silinir. Tarixi abidələr bərpa olunur, yeni yol-nəqliyyat infrastrukturu yaradılır, yüksək gərginlikli elektrik xətləri çəkilir, yeni yarımstansiyalar inşa olunur.

İşğaldan azad olunmuş ərazilərdə “ağıllı şəhər”, “ağıllı kənd” konsepsiyalarını həyata keçirəcək. Xatırladaq ki, birinci belə layihə Zəngilan rayonunun Üçüncü Ağalı kəndində reallaşmışdır. Kənddə layihənin icrasının 5 komponent üzrə aparılması nəzərdə tutulmuşdur. Onlar yaşayış, istehsal, sosial xidmətlər, “ağıllı kənd təsərrüfatı”, alternativ enerji sahələridir. Həmin kəndlərdə məktəb, bağça, poliklinika və elektron idarəetmə mərkəzləri inşa olunaraq, turizm infrastrukturu yaradılacaq. Bütün yaşayış evləri, sosial obyektlər, inzibati və ictimai iaşə binaları, kənd təsərrüfatı məhsullarının emalı və istehsalı prosesi alternativ enerji mənbələri ilə təmin ediləcək. Bu konsepsiyanı həyata keçirməklə həm aqrar sektoru inkişaf etdirilir, həm də idarəetmə sistemində elektronlaşmanın və şəffaflığın təmin olunmasına, qərarların çevik qəbul edilməsinə nail olunur. Bundan başqa, “ağıllı kənd” layihəsinin, eyni zamanda, insanlara kənddə pul qazanmaq imkanı da yaradır. Hər bir ölkə vətəndaşının olduğu kimi, kənd sakinlərinin də dövlət xidmətlərinə çıxışı olmalıdır və bütün bu məsələləri həll etmək üçün dünyada innovativ kənd layihələrindən istifadə edilir. “Ağıllı kənd”

məşğulluğun təmin olunması modeli kimi də çox vacib mexanizmlərdən biri sayılır.

Hal-hazırda respublikada regionların inkişafı və qeyri-neft sektorunun ümumi daxili məhsuldakı xüsusi çəkisinin davamlı şəkildə artırılmasına çalışan dövlətimiz bu məqsədlə aqrar sektorun inkişafını xüsusi diqqət mərkəzində saxlayır. Rəqabət qabiliyyətli kənd təsərrüfatı məhsulları istehsal etməklə daxili bazarı qorumaq, ekoloji təmiz məhsullarla xarici bazarlara çıxış imkanları əldə etmək, kənd yerlərinin tarazlaşdırılmış inkişafına nail olmaq, bu sahədə yürüdülən siyasətin əsas hədəfləridir.

Bu hədəflərə çatmaq üçün innovativ texnologiyaların tətbiqi və müasir texnikalardan istifadə etməklə yeni müasir modeldə kənd təsərrüfatını inkişaf etdirməkdir. Bu gün aqrar-sənaye kompleksinin modernləşdirilməsi imkanları çoxdur. Belə ki, hazırda dünyada kənd təsərrüfatı ənənəvi səviyyədən yüksək texnoloji sahəyə çevrilir. Çox sayda praktiki problemləri qarşılamaq üçün innovativ yollarla həll etmək, yeni bazarlar yaratmağa imkanlar yaradır.

Kənd təsərrüfatı sektorunda aparılan texnoloji əməliyyatların rəqəmsallaşdırılması yaranmış riskləri azaldaraq, iqlim dəyişkənliyində qarşıya çıxan problemləri minimuma endirməklə, məhsulun məhsuldarlığını artıra bilər. Təbii resurslardan səmərəli istifadə və elmə əsaslanan yanaşmalar sayəsində istehsalın maya dəyərinin azaldılması, keyfiyyətinin və rəqabət qabiliyyətinin artırılması texnologiyaların rəqəmsallaşdırılmasının başlıca vəzifəsində biridir.

Kənd təsərrüfatı istehsalçılarına lazımi məlumatların verilməsi ilə alqı-satqı xərclərini azaltmaqla, sahədən istehlakçıya məhsul tədarükünü asanlaşdırır və ixtisaslı işçi çatışmazlığını azaldır.

Rəqəmsal texnologiyalardan istifadə etməməklə bu gün məhsul istehsal etmək, qlobal rəqabətdə itirmək deməkdir. Bazarda rəqabətli qalmaq üçün istehlakçıların tələb və üstünlüklərindən asılı olaraq məhsul təkliflərini proqnozlaşdırmaq lazımdır. Doğru idarəetmə qərarı vermək üçün fermerlər peyk görüntüsü, yüksək texnoloji sensorlar, mobil tətbiqetmələr və GPS sistemləri kimi rəqəmsal texnologiyalara sahib olmalıdırlar.

İnkişaf etmiş aqrar sektora malik ölkələrin təcrübəsi göstərir ki, istehsalda İT texnologiyalarının tətbiqi planlaşdırılmamış xərcləri 20% azaltmağa imkan verir. Mövcud mobil və ya onlayn tətbiqlərdən istifadə etməklə, avadanlıqlar, sensorlar, dronlar, peyk və digər xarici tətbiqlərdən əldə olunan məlumatlar istifadə olunur ki, optimal qərarlar qəbul edilsin.Rəqəmsal texnologiyalar məhsulun sahədən istehlakçıya qədər keyfiyyətini qorumaqla, müştərilərin ehtiyaclarına cavab verən yollarla izlənilməsinə imkan verir.

Rəqəmsallıq kənd təsərrüfatı sektorunun tənzimlənməsinin əsas sahələrinin, o cümlədən aqrobiznes subyektləri üçün maliyyələşmə imkanlarının, bazarların və ixracın inkişafı üçün əsas vasitə olacaqdır. Kənd təsərrüfatı sektorunun rəqəmsallaşdırılması rəqabət qabiliyyətinin və əmək məhsuldarlığının artırılmasına, ərzaq təhlükəsizliyinin təmin edilməsinə və sənayedə investisiya cəlb edilməsinə kömək edəcəkdir.

Bu gün dünyada dəqiq əkinçilik çox geniş yayılmışdır.Belə ki, müasir kosmik peyk rabitəsindən istifadə edərək, becərilən sahələrin hər bir qarışı, səmərəli istifadə olunaraq, yüksək məhsul almaq mümkün olmuşdur. Eyni zamanda torpağın yumşaldılması, gübrələrin bərabər sahədə paylanması, toxum səpinin bərabər dərinlikdə basdırılması və s. olan

texnoloji əməliyyatlar əmək və yanacaq sərfinə qənaət etməklə, məhsuldarlığın artması ilə nəticələnir

2009-cu ilin avqust ayında Azərbaycan Respublikasının Prezidenti tərəfindən "Azərbaycan Respublikasında kosmik sənayenin yaradılması və inkişafı üzrə Dövlət Proqramı"nın təsdiq edilməsi haqqında Sərəncam imzalandı. Bunun ardınca, 2010-cu ilin may ayında Rabitə və Yüksək Texnologiyalar Nazirliyi ilə Malayziyanın peyk operatoru olan "Measat Satellite Systems" şirkəti arasında ilk telekommunikasiya peykinin Malayziya hökumətinə məxsus 46°Ş orbital mövqeyə çıxarılmasına dair razılaşma əldə edildi. Telekommunikasiya peykinin hazırlanması məqsədilə elan edilmiş tenderin qalibi ABŞ-ın "Orbital Sciences Corporation" şirkəti, peykin orbitə buraxılması ilə bağlı raketdaşıyıcı şirkətin seçilməsi ilə bağlı tenderin qalibi isə Fransanın "Arianespace" şirkəti seçildilər.

Azərbaycan Respublikasının telekommunikasiya peyklərinin orbitə çıxarılması, idarə olunması və istismar işlərinin həyata keçirilməsini təmin etmək məqsədi ilə Azərbaycan Respublikası Prezidentinin 2010-cu il 3 may tarixli 885 nömrəli Sərəncamı ilə "Azərkosmos" ASC təsis edilmişdir.

Hazırda ölkəmizdə telekommunikasiya peyk orbitinin inkişafı, yeni çıxış mövqeyinin əldə olunması və bu sahədən geniş istifadəsinin zəruriliyi yaranır.

Gələcəkdə peyk informasiya sisteminin, sensorların, prosessorların, aqrobotların, dronların və s. tətbiqi ilə kənd təsərrüfatında dəqiq əkinçiliyin aparılması ilə ərzaq təhlükəsizliyinin təminatında daha səmərəli rəqəmsal texnologiyaların tətbiqi mümkün olacaqdır.

RƏQƏMSAL TEXNOLOGİYALARIN DÜNYADA ƏHƏMİYYƏTİ

BMT – nin Ərzaq və Kənd Təsərrüfatı Təşkilatı (FAO) – nın 2019-cu il hesbatında verdiyi proqnozlara görə dünya əhalisinin sayı 2050-ci ildə 9,8 milyarda çatması və ərzaq məhsullarına olan tələbatın artması əsas məsələlərdən biri olmuşdur.

Bu gün dünyada ərzaq məhsullarını istehsal edən 570 milyon xırda təsərrüfatlar mövcuddur. Dünyada qlobal işçi qüvvəsinin 28 % -i kənd təsərrüfatında çalışır. 821 milyon insan hələ də aclıqdan əziyyət çəkir.

2050-ci ilə artan ərzaq məhsullarına olan tələbatı ödəmək üçün yəni 9,8 milyard (2,2 milyard insan çox) insanları gələcəkdə təmin etmək qarşımızda duran əsas məsələlərdən biri olmuşdur. Aqrar ərzaq istehsalı sisteminin sürətlə genişləndirilməsi və sənayeləşdirilməsi bu məsələlərin həllinə istiqamətlənir.

Dördüncü sənaye inqilabı rəqəmsal texnologiyaların və innovasiyaların inkişafı məhsul istehsalında tələbatı qarşılaya bilər.

İnkişaf etməkdə olan ölkələrin yoxsulluq təbəqəsinin 70 % -i mobil telefonların sahibidir. Dünya əhalisinin 40% -i internet istifadəçisidir. Bu göstəricilər hər an dəyişib artmaqdadır. İnsanlar rəqəmsal texnologiyalara üstünlük verirlər. Sənaye - 4 inqilabını nəzərə alsaq, son 10 il müddətində rəqəmsal texnologiyalar: “elektron pul”, “əşyaların interneti” (İOT), “süni zəka” (Aİ) və s. tərəfindən idarə olunan məhsul istehsalında və satışında geniş tətbiq olunur.

Aqrar sahənin tam rəqəmsallaşmağa keçidi çox çətin bir məsələdir. Bu keçid tədricən mərhələli şəkildə inkişaf yolu ilə gələcəkdə öz həllini tapacaqdır.

Biz tarixə nəzər salsaq ilk əkinçilik inqilabı eradan 10000 il əvvəl dünyada olmuş və cəmiyyətin sivilizasiyasının formalaşmasına gətirib çıxartmışdır. 1900 – 1930 –cu illərdə "Əkinçiliyin mexanikləşdirilməsi inqilabı", 1960 – cı ildə "Yaşıl İnqilab" daha davamlı bitki növləri və aqrokimyəvi maddələrin istifadəsi, genetik modifkasiya texnologiyalarının inkişafı, 1990 – 2005 –ci illərdə isə "Rəqəmsal əkinçilik inqilabı" bəşəriyyətin sağ qalmasına və gələcəyə doğru uzun müddət inkişaf etməsinə kömək edə bilər.

AĞILLI (SMART) KƏND TƏSƏRRÜFATI

İntellektual kənd təsərrüfatında rəqəmsal texnologiyalardan istifadə olunmaqla, informasiyanın toplanması və təhlili aparılmaqla, qarşıya çıxan radikal dəyişlikləri (iqlim dəyişikləri və s.) qarşılayıb, keyfiyyətli kənd təsərrüfatı məhsullarının istehsalını və səmərəliliyini artırılmasında, bazarlarda tələbata cavab verən məhsul ixracı təmin edən elektron kompleks sistemlər başa düşülür.Bu sistemlər GNSS, İOT, RTK, PPP, PUA və s. texnologiyaları əsasında "elektron pul" kisələrindən, plastik kartlardan və elektron daşıyıcı vasitələrdən istifadə etməklə, məhsul istehsal etmək və məhsulu vaxtında bazarlara ixracı nəzərdə tutulur.

Ağıllı (smart) kənd təsərrüfatına "dəqiq əkinçilik" və "dəqiq heyvandarlıq" daxildir.

Dəqiq əkinçilikdə torpağın becərilməsindən məhsul yığımınadək o cümlədən istehsal zəncirində aparılan texnoloji əməliyyatların vizual nəzarəti, kompleks

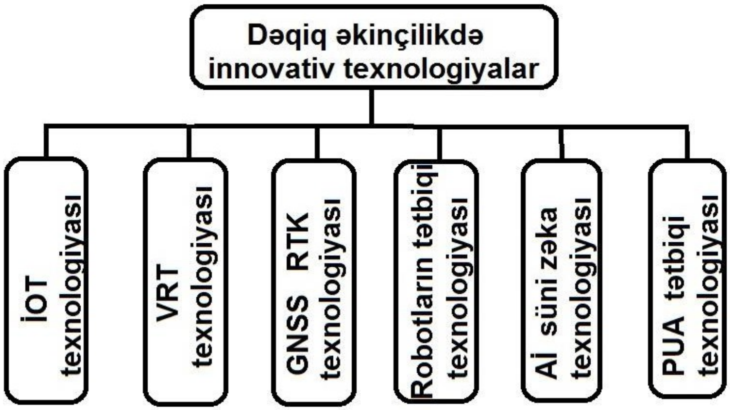
tədbirləri internet üzərindən idarə olunması ilə yerinə yetirilir.

Dəqiq heyvandarlıqda heyvanların saxlanması, onların yemlənməsi,sağımı o cümlədən suyu, peyinin ixracı və mikroiqlim şəraiti ağıllı (smart) sistemlərlə təhciz olunmaqla, İOT texnologiyasının tətbiqi ilə kənardan idarə olunur.Dəqiq heyvandarlıqda GPS, İOT, smart sistemlər, avtomatlaşdırma mexanizmilər və s. kompleks tətbiq olunur.

Ağıllı kənd təsərrüfatını məhsul istehsalını internet üzərindən idarə etməyə şərait yaradır.

DƏQİQ ƏKİNÇİLİK

Əkinçilik sistemində aparılan bütün texnoloji əməliyyatların dəqiq yerinə yetirilməsidir. Dəqiq əkinçilik aqreqatın təkrar gedişlərinin o cümlədən enerji xərclərinin, aqrokimyəvi maddələrin, əmək sərfinin və məhsul itkisinin qarşısını almaqla bərabər sudan və torpaqdan qənaətlə istifadəyə əsaslanır ki, bu da innovativ texnologiyaların tətbiqində müsbət nəticələr verir. Dəqiq əkinçilikdə əvvəlcədən su və torpaq resurslarının sərfini və əkin texnologiyasının tətbiqini planlaşdırılması mümkündür.



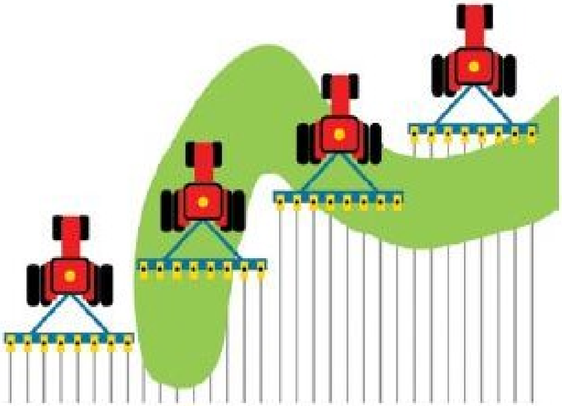
Şəkil 1 Dəqiq əkinçilikdə tətbiq olunan texnologiyalar.

1. RƏQƏMSAL TEXNOLOGİYALAR

1.1 VRT "Dəyişən Norma Texnologiyası".

VRT – Variable Rate Technology - "Dəyişən Norma Texnologiyası" mənasını ifadə edən, əkin sahəsində dəyişən faktorlara (torpağın tərkibindən, fiziki-mexaniki xüsusiyyətlərindən, iqlim şəraitindən və s.) uyğun yeni dəyişmə normaların (gübrə, toxum, su və s.) tətbiqi nəzərdə tutulur.

VRT – Dəyişən Norma Texnologiyasının əsl mahiyyəti ondan ibarətdir ki, dəyişən miqdar,dəyişən faiz,dəyişən ölçü və s. daxil olmaqla texnoloji prosesdə dəyişənləri qarşılamaqla, bitkiçilikdə məhsuldarlığı artırmaq, maya dəyərini azaltmaqdan ibarətdir.



Şəkil 1.1 VRT texnologiyası əsasında elekron nəzarət sistemi ilə texnoloji əməliyyatlar

Bu texnologiya fiziki və rəqəmsal texnologiyaları özündə birləşdirir. Bitkinin inkişaf mərhələləri, torpağın tərkibi, rütubəti, iqlim şəraiti və s. amilləri nəzərə alınaraq, kompleks parametrləri əlverişli şəraitə uyğunlaşdırılaraq, becərilən bitki üçün münbit şərait yaradır. Məhsul, vaxt, enerji itkilərinin qarşısını almaqla əmək sərfini azaldır.

VRT – texnologiyasında dronlardan və GPS sistemindən, sensorlardan, rəqəmsal prosessorlardan istifadə etməklə, hərəkətli və hərəkətsiz hissələrə tətbiqi ilə texnoloji xətdə olan boşluqları doldurur.

VRA - texnologiyasi (Variable Rate Application) "Dəyişən normaların tətbiqi" mənasını ifadə edən texnologiya bir çox ədəbiyyatlarda yazılır ki, bu da VRT – texnologiyasının eyniliyidir.

VRT – texnologiyası aşağıdakı əməliyyatlara tətbiq edilir.

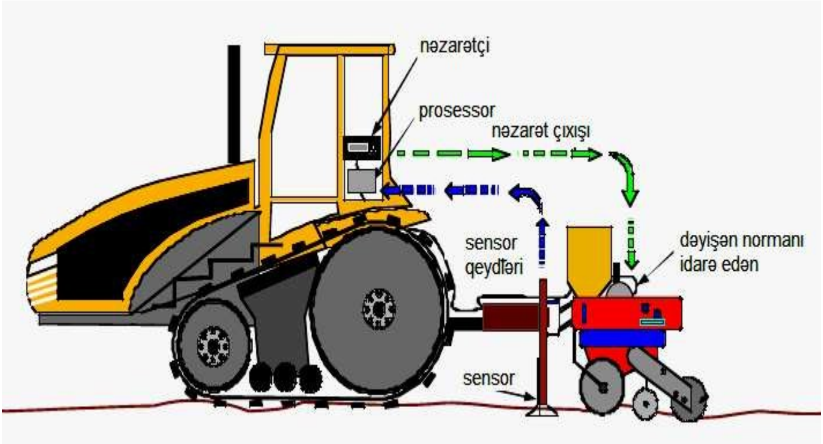
- *mineral gübrə və əhəngin torpağa verilməsində;*
- *üzvü gübrələrin tətbiqində;*
- *toxum səpinində;*
- *suvarmada;*

- *alaq otların və xəstəliklərin mübarizəsində*;

VRT – texnologiyasında 2 əsas metoddan istifadə edilir.
- *sensor əsaslı*
- *texnoloji xəritə əsaslı*

Sensor əsaslı metod. Bir növ xəritənin hazırlanmasında sensor əsaslı texnologiyadan istifadə edilir. Belə ki, tətbiqetmə proqrammı 2,5 hektar sahədən götürülmüş nümunəyə görə əsaslanır. Sensor əsaslı sistem hər hektardan nümunə toplaya bilər.

Sensor əsaslı sistemlər aşkarlamada və tətbiqetmədə çox dəqiqdir. Sistem məlumatların təhlil edilməsini və tətbiqetmə normasını nizamlama pillələrini yerinə yetirir. Sensor siqnalının əlaqəsi ilə norma dəyişikliyi üçün sistem tərəfindən istifadə edilən dəyişən məlumatların dəqiq tətbiqidir. Bəzi hallarda sensorlar dəyişən normaları dəqiq yerinə yetirmək üçün traktorun və ya kənd təsərrüfatı maşınlarının ön tərəfində quraşdırıla bilər.



Şəkil 1.2 Sensor əsaslı VRA texnologiyası

Sensorlara köməkçi olan işıqlanmada istifadə edilən işıq diodları və ya LED lampalar vasitəsilə torpağın rütubətliyinə, alaq otlarının təyin edilməsində, zərərvericilərin seçilməsində, torpaqda mineral maddələrin miqdarının təyin edilməsində əsas köməkçi rol oynayır. Belə sistemlərə "Soil Doctor ®" misal göstərmək olar. Bu sistem aşağıdakı amilləri təyin edir.

1. *Torpağın növünü*
2. *Torpaqda mineral maddələrin miqdarını*
3. *Kation mübadiləsinin təhlilini*
4. *Torpağın nəmliyini*
5. *Torpaqda nitrat azotun faizini*

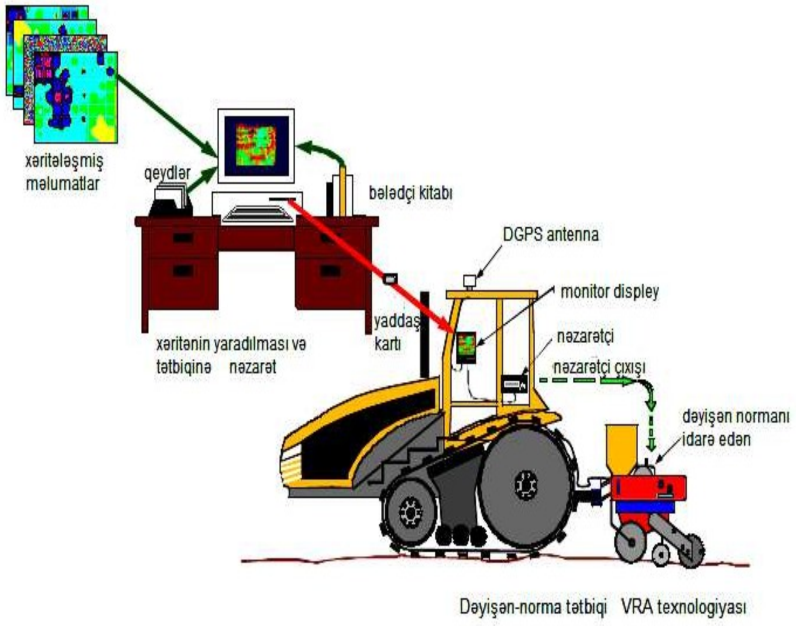
Göstərilən amillərin təyin olunması, əkin sisteminin yeni xəritələşməsində və norma dəyişmələrinin tətbiqində köməkçi olur.

Texnoloji xəritə əsaslı metod. Texnoloji xəritələrdə landşaftın təhlili, torpaq və su resurslarından qənaətlə istifadə, torpaqların əkin üçün təhlili və s. qeyd olunmaqla geniş istifadə olunur.

Xəritə əsaslı metod əvvəllər ölçülmüş və tərtib olunmuş texnoloji xəritələrdən və fərqli strategiyalardan yerinə yetirilə bilər. Xəritələrdə aşağıdakı məlumatlar qeyd olunur.

- *bitkinin növü və sortu;*
- *torpağın rəngi və strukturu;*
- *topoqrafiyaya əsaslanan məlumatlar (enişli və yoxuşlu sahələr);*
- *sahənin torpaq analizi;*
- *sahənin şəkilləri;*
- *əkin yerlərinin məlumatları;*

Bəzi strategiyalar tək bir məlumat mənbələrinə əsaslanır, digərləri isə müxtəlif mənbələrin birləşməsini əhatə edir.

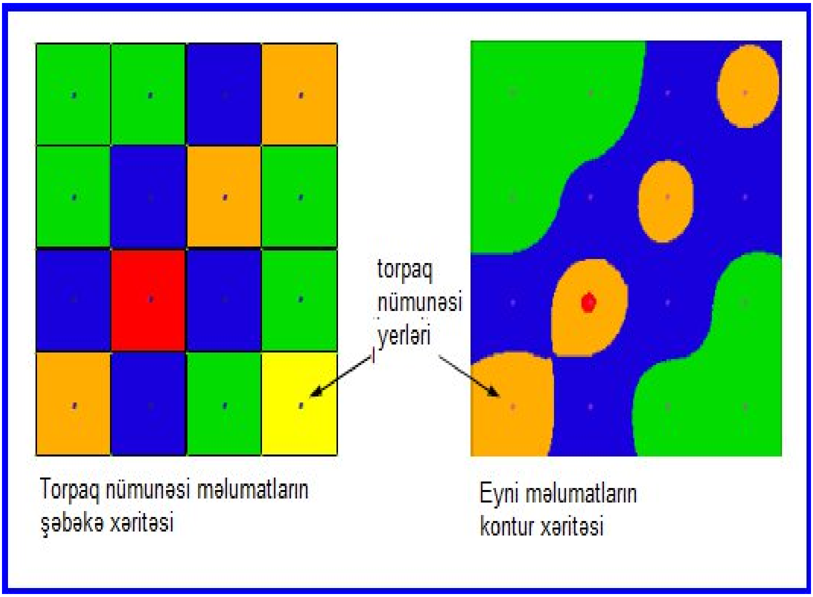


Şəkil 1.3 Xəritə əsaslı VRA texnologiyası

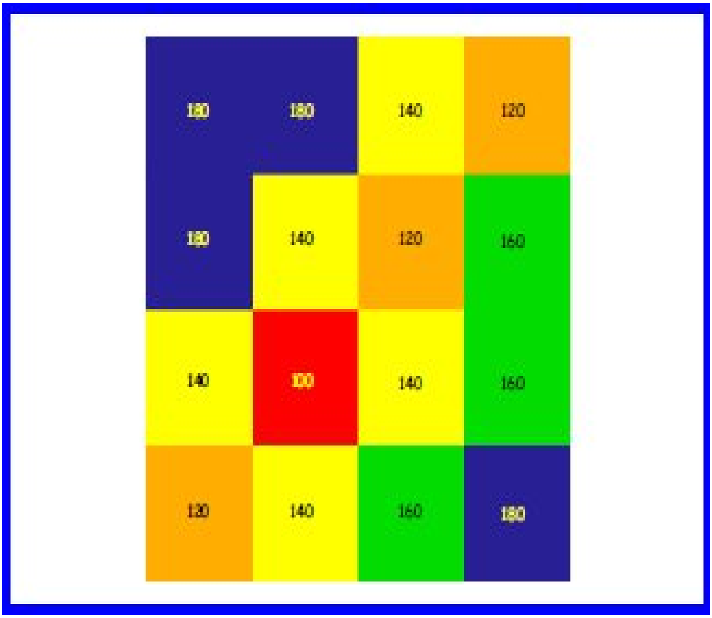
Həqiqi strategiyadan asılı olmayaraq istifadəçi nəticə etibarilə tətbiq nisbətinə nəzarət edir. Bu sistemlər sahədəki aqreqatın yerini təyin etmə və elektron xəritəyə əsasən hərəkət istiqamətini, tələb olunan tətbiqetmə norması ilə əlaqələndirmə imkanına malikdir.

Müəyyən bir sahədə qida maddələrin yazılı göstəriş xəritəsinin tətbiqi üçün aşağıdakı metodun mərhələlərindən istifadə edilir.

- *sahədən torpaq nümunəsinin götürülməsi (laboratoriya analizi üçün);*
- *torpaqda qida maddələrin miqdar faizinə görə xəritələrin tərtib olunması;*
- *sahəyə xüsusi bir qida elementlərinin yazılı göstəriş xəritəsini tətbiq etmək üçün alqoritmdən istifadə edilməsi;*
- *gübrələrin dəyişkən normalı tətbiqini idarə etmək üçün yazılı göstəriş xəritəsindən istifadə etmək;*



Şəkil 1.4 Şəbəkə və kontur xəritələri



Şəkil 1.5 Azot gübrəsinin normaları ilə tətbiqi, norma xəritəsinin nümunəsi hər tor xanası üçün göstərilmişdir

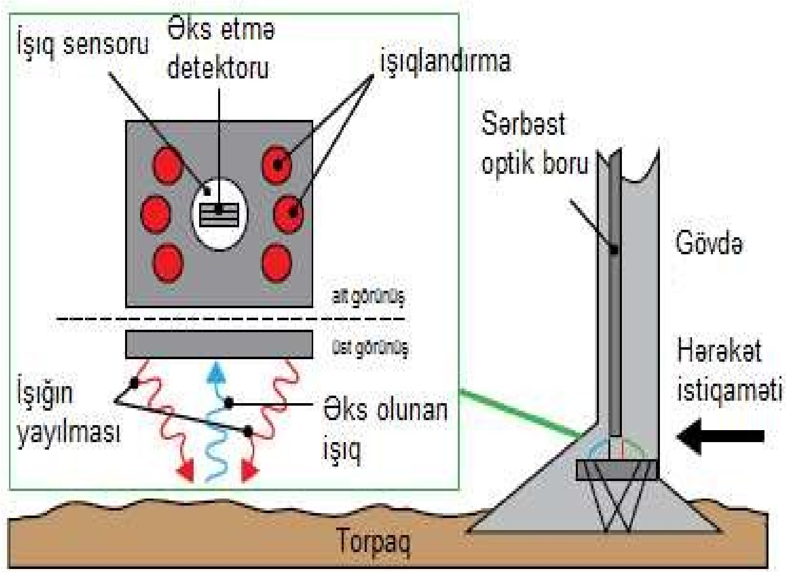
VRT – texnologiyasının məhsul istehsalında iqtisadi və ekoloji cəhətdən aşağıdakı üstünlükləri var.

- *məhsuldarlığın artırılmasında təbii resurslardan optimal istifadə;*
- *məhsuldarlığın artırılması və səmərəlilik;*
- *texnoloji aparılan əməliyyatlarda (gübrə, toxum və s.) materiallara qənaət;*
- *torpağın münbitliyini qorumaq;*
- *artıq aqrokimyəvi maddələrin tətbiqinin qarşısını almaq;*

1.2 VRA – Dəyişən norma tətbiqi texnologiyası ilə dəqiq toxum səpini

Məlum olduğu kimi bütün səpici aparatlar (toxum,gübrə) hərəkəti təkərlərdən alır. Aqreqatın hərəkətinə əsaslanan yəni gedilən yola görə səpilən toxumlar dəqiq səpinə uyğun gəlmir.

VRT –texnologiyası ilə səpində, səpici aparata hərəkət verici qüvvə elektron mühərriklə təchiz edilməklə, sensorların göndərdiyi siqnala uyğun səpin aparılır.



Şəkil 1.6 Sensor əsaslı toxum səpin texnologiyası

Bu texnologiya bitki populyasiyasını təsirli şəkildə dəyişir. Belə sistemli toxumsəpən maşınlar elektron xəritə ilə idarə oluna bilər.Yerin relyefindən asılı olmayaraq toxumun dəqiq səpini aparılır.Sistemdə mövcud olan nəzarətçi yerüstü sürət siqnalı almaqla, cərgələrin düz və

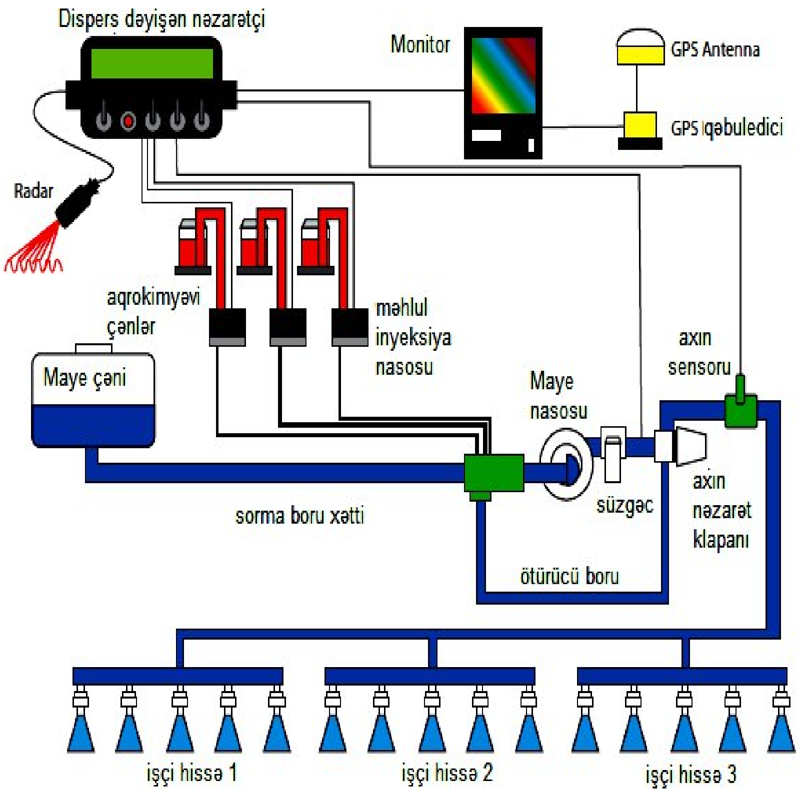
bərabər məsafələrdə toxumu səpməklə, monitora siqnal ötürüb koordinasiya edilir.

Toxum səpinində sensorların əsas funksiyası dəqiq əkinə nəzarət etmək, o cümlədən toxumun basdırılma dərinliyinə və əkin ölçü parametrlərinə,aqreqatın hərəkət sürəti haqqında informasiyaları monitorda əks etdirməklə, sistemə inteqrasiya etməkdir.

1.3 VRA – Dəyişən norma tətbiqi texnologiyası ilə alaq otlara qarşı mübarizə

Texnoloji xəritə əsasında alaq otlarla mübarizə tədbirləri VRA dəyişən norma tətbiqi texnologiyası əsasında hazırlanmış məhlul çiləyən maşınlarının hissələri üzrə təhlillər aparsaq görərik ki,bu maşınların tətbiq sürətləri avtomatik aqreqatın sürət dəyişikliyinə uyğunlaşdırılmışdır.

Axın əsaslı idarəetmə. Çəndə məhlul axının nəzarəti çox sadədir. Belə ki, sistemi idarə edən elektron nizamlayıcı sürət sensoru ilə əlaqələnib, çəndə olan məhlulu lazım olan normada tətbiq edir.



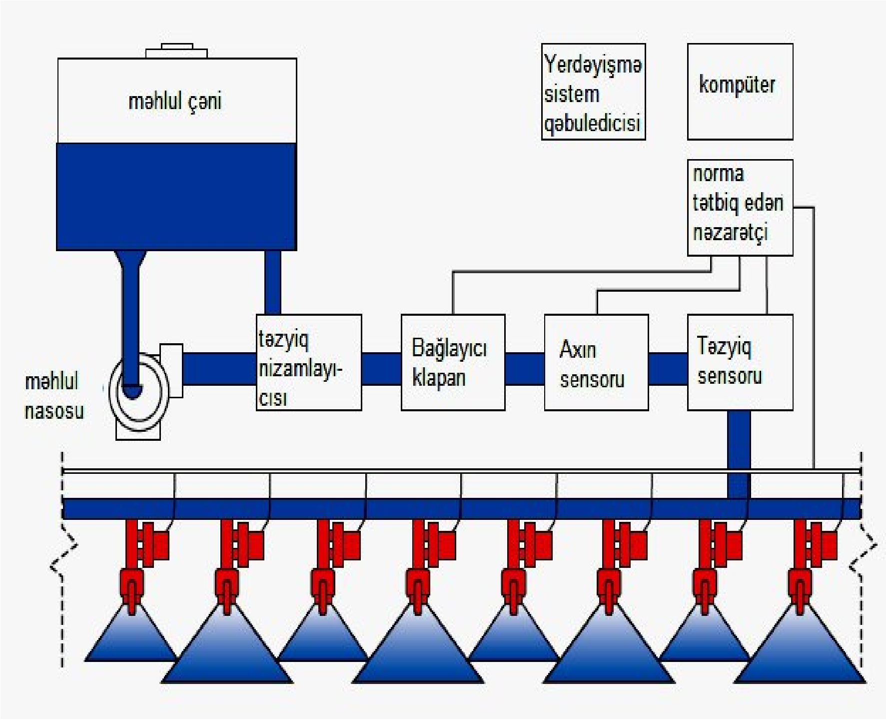
Şəkil 1.7 Məhlul çiləyən qurğu

Mikroprosessor aqreqatın sürətinə uyğun axın sürətini hesablamaqla çiləyicinin işçi sahəsinə görə hər hektar üçün təyin olunmuş mayenin miqdarı ilə əlaqəli məlumatlardan istifadə edir. Axın sayğacının ölçülməsi ilə hesablanmış əsas klapan axın sürəti ilə uyğunlaşana qədər açılıb və bağlanır. Nəzarətçi "xəritə sistemi" arasında əlaqə yaratmaqla, dəyişən norma texnologiyasını tətbiq edir. Bu sistemlərin əsas üstünlüyünün biri sadə olmasıdır. İdarəetmə sistemi kifayət qədər sürətlidir. Belə ki, (3-5

saniyə) yeni bir dəyişmə norması verilərsə, əməliyyatı sürətli yerinə yetirə bilər. Bütün texnologiyalarda olduğu kimi axın əsaslı nizamlamalarda da məhdudiyyətlər var.Axın sensoru və klapanı dəyişkən təzyiq nisbətlərini dispers püskürtmə ucluqlarına verilməsini yerinə yetirərkən məhlul axınını idarə edir.

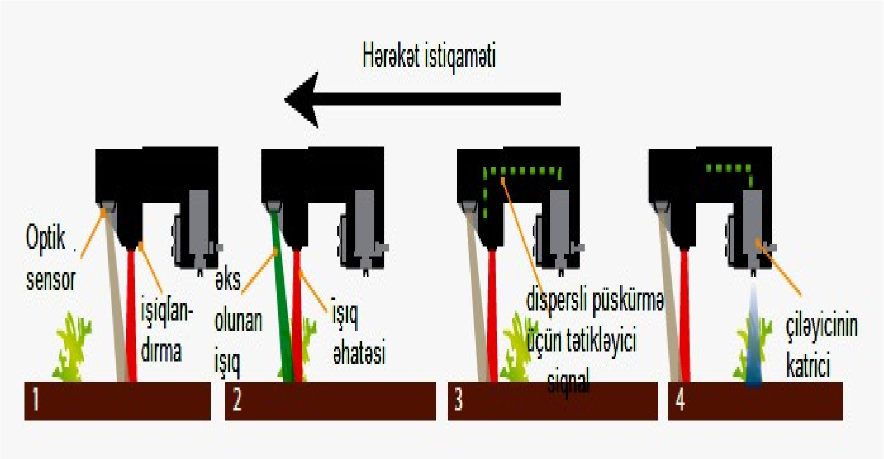
Bu sistemlər dispersli pükürtməni optimal iş aralığının xaricində olmasını xəbərdar edirlər.

Operator təzyiqi məqbul bir səviyəyə nizamlamaq üçün aqreqatın sürəti ilə nizamlaya bilər.



Şəkil 1.8 Axın sistemini idarəetmə elementləri

Mayenin dispersli püskürmə ucluğu ətrafında qırmızı işıqlandırma diodu və işıq sensoru quraşdırılmışdır. Qırmızı şüa bitki üzərinə düşdükdə əks yaşıl işıq verərək, işıq sensoru tərəfindən qeyd olunub, tətikləyici siqnalı çiləyici katricinə verərək, həmin bitki üzəri püskürülməklə dərmanlanır. Dəqiq hədəfə uyğun məhlul miqdarı sərf olunur.



Şəkil 1.9 Mayenin dispersli püskürmə ucluğunu idarəedən sensor sistemi

Beləliklə VRT texnologiyası ilə aparılan texnoloji əməliyyatlar dəqiq əkinçiliyə tam cavab verdiyi üçün hazırda dünyada geniş yayılmaqdadır.

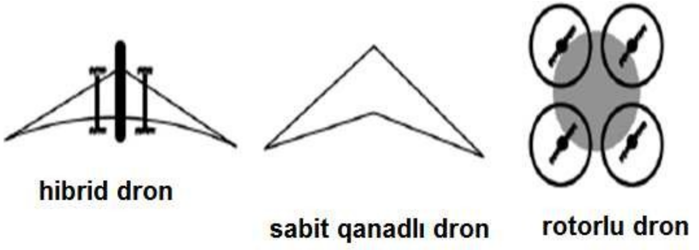
2. PİLOTSUZ UÇAN APARATLAR

2.1 Dronlar, multikopterlər

Pilotsuz uçan aparatlar (PUA) mülki həyata tez bir zamanda uyğunlaşdı. Belə ki, yüklərin çatdırılmasından izlənilməsinə qədər, meşələrdə itkin düşən insanların axtarışına, video fotoqrafiya və s. müxtəlif məqsədlər üçün istifadə olunan pilotsuz uçan aparatlar (PUA) sürətlə dəyişərək, texnoloji işlərin aparılmasında, o cümlədən əkinçilik sahəsində vacib bir texnikaya çevrildi.

Dronlar 1980-ci ildə ilk dəfə Yaponiyanın kənd təsərrüfatında mineral gübrələrin tətbiqi üçün istifadə olunub.

Dəqiq əkinçiliyin davamlı potensialını ən yaxşı şəkildə əks etdirən dronlar, kənd təsərrüfatında məhsul istehsalında gələcəyə işıq saçan bir konsepsiyadır.



Şəkil 2.1 Dronların növləri

UAV,UAS və DRON terminləri - bu konsepsiya mahiyyətcə eyni məna verməklə üç termini ifadə edir.

UAV – bu termin diqqət mərkəzində olmaqla, daha geniş yayılmışdır.”Pilotsuz uçan aparat” mənasını verir.Hava aparatında optik kameralar, sensorlar,rabitə və idarəetmə avadanlığı mövcuddur.

UAS – pilotsuz hava sistemi mənasını verir. İdarəetməyə nəzarət cihazları, uçuş aparatları, multi texnologiyalar, görüntülü optik kameralar, nəzarət sensorları aparılan əməliyyatların idarə olunamsını əhatə edir.

Dron – multikopter kimi təsvir olunaraq məşhur termindir. ABŞ –da ilk dəfə bu termini işlətmişdilər. Ölçülərində və ya növündə heç bir məhdudiyyət yoxdur.

Multikopter – dördbucaqlı,altıbucaqlı və ya səkkiz bucaqlı oktokopterlər nəzərdə tutulur.Mühərriklərin sayı ölçü siniflərinə görə və konstruktiv qurluş formasından asılıdır.

2.2 Multikopterlərin ölçü təsnifatı

Multikopterlər 3 əsas məqsədlər üçün istehsal olunmaqla təsnifata ayrılır.

1. *Aşkar etmə*
2. *Yük daşıma*
3. *Əməliyyatların aparılması*

Aşkar etmə. Bu məqsədlə kiçik ölçülü multikopterlər hazırlanır. Bunlar sensor və optik kameralarla təchiz olunmaqla, görüntülü informasiya çatdırıb, SD yaddaş kartına yazır.

Yük daşıma. Bu məqsədlə multikopterlər müxtəlif təyinatlı yüklərin daşınmasında istifadə edilir.Bura əsas böyük ölçülü multikopterlər daxildir.

Əməliyyatların aparılması. Bu məqsədlə kiçik və böyük ölçülü multikopterlərdən istifadə olunur ki, bura dispers halda aqrokimyəvi maddələrin çilənməsi, toxumun səpilməsi, bioloji mübarizədə trixoqrammaların səpələnməsi və s. daxildir.

Cədvəl 2.1

Ölçü sinifi	Maksimum uçuş məsafəsi	Yükgötürmə qabiliyyəti
Nano	100 – 500 metr	> 0,2
Mikro	5 km	0,2 – 0,5
Mini	25 km	0,5 - 10
Kiçik	50 – 100 km	5 - 50
Taktiki	> 200 km	25 - 200

2.3 Dron texnologiyası

Torpağın analizi və toxumların yaxşı inkişafı üçün əlverişli 3D xəritələrinin yaradılmasında dron texnologiyası müsbət nəticələr verməkdədir. Dronlar torpağa toxumun səpilməsi prosesini tam uğurla idarə edir. Belə ki, toxumun və qida maddələrin birbaşa torpağa, əlverişli yerlərə səpilməsinə imkan yaradır. Bu sistem vasitəsilə toxumların 75% -ni çüçərməsinə və kök sisteminin normal formalaşmasına nail olmaqla, əkin xərclərinin 85% azalması ilə nəticələnir. Bundan əlavə üzərində görüntülü sensorların və xüsusi istilik sensorlarının olması sayəsində əkin sahələrində suya

ehtiyac olan yerlərin aşkarlanmasında əhəmiyyətli yer tutur.

Pilotsuz uçan aparatlar praktiki olaraq, gündə bir neçə dəfə ərazinin xəritəsini çəkib müntəzəm olaraq, geniş məlumat axını ilə fermerləri məlumatlandıra bilər. Məhsul yığımına başlamaq üçün və ya suvarma üçün ən yaxşı vaxtın hesablanmasını asanlaşdırar.

Dəqiq əkinçilik üçün ən vacib amillərdən biri də pestisidlərin dəqiq tətbiqi və optimal miqdarıdır. Belə ki, lazımsız pestisidlərin istifadəsinin qarşısını almaqla, dəqiq əkinçiliyin müvəffəqiyyət səviyəsinə nail olmaq olar. Dron texnologiyası ilə pestisidlərin tətbiqi üçün zərurət yaranan sahələrin aşkarlanması yerinə yetirilə bilər.

Dronların qurluşu. Dronlar 2 əsas sistemdən ibarətdir.

1. *Hərəkət sistemi*
2. *İdarəetmə sistemi*

Hərəkət sistemi. Hərəkət hissəsinin konstruktiv qurluşuna görə elekrik mühərriklərinin və qolların sayından asılı olaraq aşağıdakı təsnifatlara bölünürlər.

1. *Bikopters – iki mühərrikli*
2. *Trikopters – üç mühərrikli*
3. *Quadrokopters – dörd mühərrikli*
4. *Heksakopters – altı mühərrikli*
5. *Oktokopters – səkkiz mühərrikli*

Hərəkət hissəsi 2 əsas komponentlərdən ibarətdir.

1. *Elektrik mühərriki*
2. *Fırlanan pərlər*

Dronların pərlərinin fırlanma istiqaməti saat əqrəbi istiqamətində və ya saat əqrəbinin əksi istiqamətində olmaqla, dronları fəzada irəli-geri və ya hündürlüyə qalxmağa imkan yaradır.
Qolların konstruktiv qurluşu aşağıdakı şəkildə ola bilər.

1. *(+) – qolun konstruktiv qurluşu olmaqla, ən azı dörd pərdən ibarətdir.4,6, və 8 pəri ola bilər.*
2. *(X) – qolun konstruktiv qurluşu olmaqla, qarşı-qarşıya cüt pərlərdən ibarətdir. 2,4,6 və 8 pəri ola bilər.*
3. *(Y) – üç qolu olmaqla, üç pəri ola bilər.*
4. *(V) – dörd qoldan ibarət olmaqla, dörd pəri olur.*
5. *(H) – dörd qoldan ibarət olmaqla, dörd pəri olur.*

2.4 Dronun fəzada əsas dörd hərəkət vəziyyəti

Dronun sadə forması olan quadrokopterin üzərində 4 əsas hərəkət vəziyyətini izah edək.Quadrokopterin 4 mühərrikin pərlərinin fırlanma istiqamətləri saat əqrəbi istiqamətində və ya saat əqrəbinin əksi olaraq, dörd əsas hərəkət vəziyyəti alır.

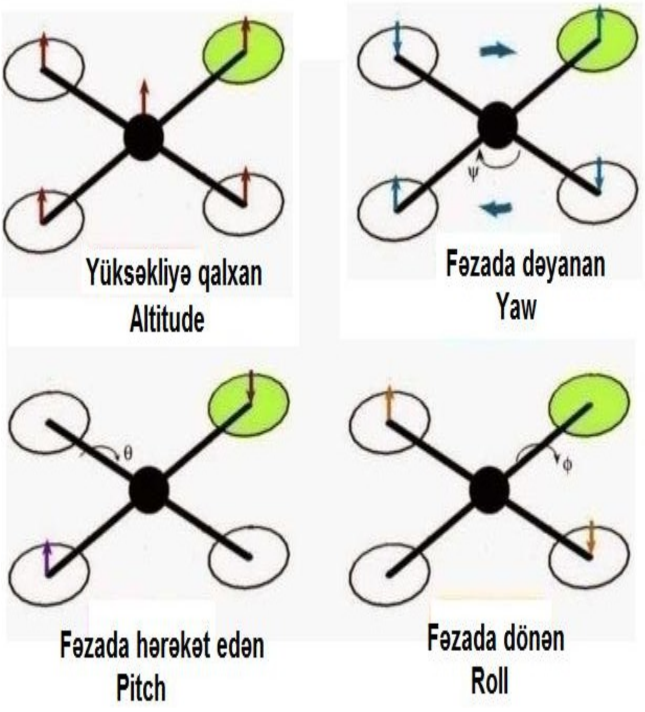
Yüksəkliyə qalxma (Altitude). Dörd mühərrikin pərləri saat əqrəbi istiqamətində fırlanaraq, yüksəkliyə qalxma vəziyyəti alır.

Fəzada hərəkət (Pitch). Qarşı-qarşıya mövcud pərlər bir-birinin əksinə fırlanaraq, fəzada tarazlıq saxlamaqla, ön pər 2 dəfə artıq sürət alır ki, bu da dronun istiqamətləndirib, hərəkət vəziyyəti verir.

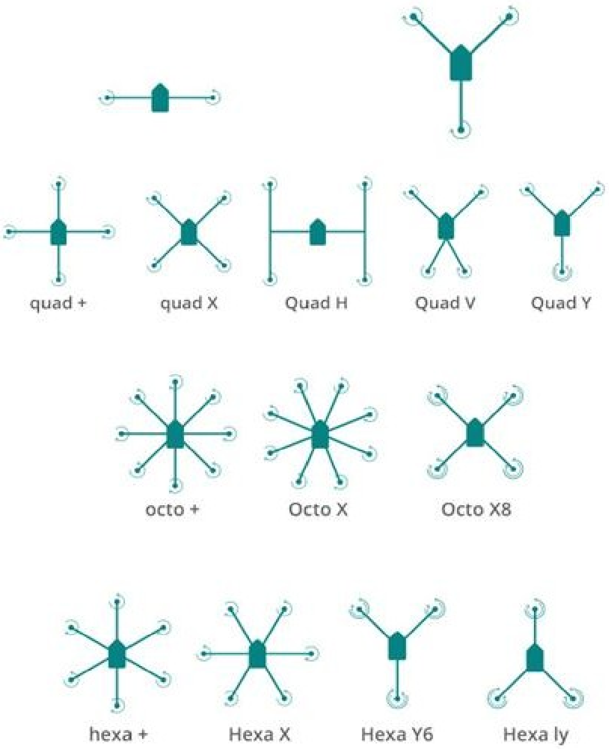
Fəzada dəyanma və ya yellənmə (Yaw). Qarşı-qarşıya 2 cüt pərlər saat əqrəbi istiqamətində fırlanmaqla, əks cüt

pərlər isə saat əqrəbinin əksi istiqamətində fırlanır.Bu zaman fəzada dron tarazlıq vəziyyətində olmaqla yellənmə və ya dəyanma vəziyyəti alır.

Fəzada dönmə hərəkəti (Roll). Dronun sağ pərlərinin sürətləri 2 dəfə artırdıqda, saat əqrəbi istiqamətində fırlandıqda hərəkət sağa və ya sol tərəfdə mövcud olan pərlərin fırlanma sürətləri 2 dəfə artırdıqda hərəkət sola doğru istiqamət alır.



Şəkil 2.2 Dron müxtəlif hərəkət rejimlərdə



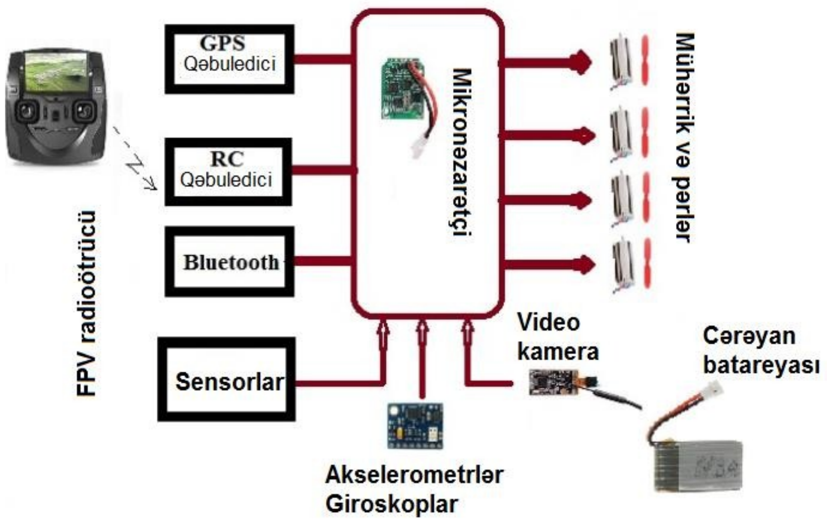
Şəkil 2.3 Dronların konstruktiv qurluşu

Dronun gücü. Havada uçan dronun qalma müddəti qaldırıcı mühərrik və enerji təhcizatı növündən asılıdır. Dronlar batareya və ya akkumulyatorlarla təchiz edilirlər.Əsas çatışmazlıqlardan biri də havada 15-30 dəqiqə müddətində uçuş aparmaqdadır. Bundan sonra batareyası enerji baxımından dükənir.

İdarəetmə sistemi. Dronun hərəkət vəziyyətlərinə və aparılan əməliyyatlara nəzarət edən sistemdir.İdarəetmə sistemlərinin əksəriyyəti eyni sensor dəsti ilə təchiz

olunmuşdur.İdarəetmə sistemi aşağıdakı elementlərdən ibarətdir.

1. *Uçuş nəzarətçisi*
2. *ESC – elektron sürət nəzarətçisi*
3. *Təchizat paneli,elektrik mühərrikləri üçün cərəyan tənzimləyicisi*
4. *Telemetrya – məlumatların ötrülməsinə imkan yaradan sim modulu*
5. *Müşahidə kamerası,görüntülü sensor*
6. *Tapşırığın PİN kodlarını daxil etmək üçün ədədi klaviatura*



Şəkil 2.4 Dronun idarəetmə sisteminin struktur sxemi

İdarəetmə sistemi 5 V, elektrik mühərrikləri isə 12 V sabit elektrik cərəyanı ilə təchiz olunur.

2.5 Multikopterlərin texniki səciyyələri.

Müxtəlif multikopter sinifləri fərqli tapşırıqları yerinə yetirmək üçün fərqli potensiala malikdirlər. Burada müxtəlif UAS siniflərindəki modellərin səciyyə göstəricisi və kütləvi istehsal olunan multikopterlər nümunə olaraq aşağıda verilmişdir.

<u>Sürətli nano-dron</u>

İstehsalçı - UVify
Model – Draco
Kütləsi – 350 qram
Sürəti – 160 km/saat
İdarəetmə - zəif / istifadəçi bacarığı tələb edir
Havada uçuş müddəti – 3 dəqiqə
Yükgötürmə qabiliyyəti – 100 qram
Təyinatı – yüksəklikdən fotoqrafiya şəkillərin çəkilməsi

Şəkil 2.5 Draco dronu

<u>Sürətli mikro – dron</u>.
İstehsalçı – DJI
Model – Phantom 4
Kütləsi – 1380 qram
Sürəti – 72 km /saat
Qət etdiyi yol – 7 km
Havada uçuş müddəti – 30 dəqiqə
Yükgötürmə qabiliyyəti – 800 qram
İdarəetmə - mükəmməl, istifadəsi asan
Təyinatı – video və fotoqafiya şəkillərin çəkilməsində istifadə edilir.

Şəkil 2.6 Phantom 4 - dronu

<u>Mikro/kiçik xüsusi dronlar</u>.

Bu növ dronlar optik zum kameraları ilə təchiz edilmişdir.Ərazinin aşkarlanması üçün uzun müddətli optik zumdan istifadə edilə bilər.Optik zum 18 pikseldən yüksək olmaqla, GPS və QLONASS sistemləri ilə əlaqə yaradıb, geniş informasiya ötürücülüyü yaradır.

Şəkil 2.7 Walkera Voyager 4 dronu

Istehsalçı – Walkera
Model – Voyager 4
Kütləsi – 3200 qram
Sürəti – 72 km/saat
Uçuş yüksəkliyi – 1000 m
Rabitəsi əlaqəsi - 4G bağlantısı

***Kiçik peşəkar dronlar*.**

Bu növ dronlar müxtəlif məqsədlər üçün nəzərdə tutulmuşdur.Yağış və dolu yağanda da havada uçmaq qabiliyyətinə malikdir.

Şəkil 2.8 PD6B – AW – dronu

İstehsalçı – ProDrone
Model – PD6B – AW
Kütləsi – 19 kq
Sürəti – 60 km/saat
Yükgötürmə qabiliyyəti – 30 kq
Uçuş müddəti – 30 dəqiqə

2.6 Kiçik kənd təsərrüfatı dronları.

Kənd təsərrüfatında aqrokimyəvi maddələrin aerozol püskürdülməsi yolu ilə fəzadan bitki xəstəliklərinə və zərərvericilərə qarşı istifadə edilir.Mineral gübrələrin verilməsində, alaq otlarla mübarizə tədbirlərinin aparılmasında da geniş tətbiq edilir.Buna misal olaraq aşağıdakı dronu misal göstərmək olar.

Şəkil 2.9 Agras MG – 1 dronu

İstehsalçı – DJI
Model – Agras MG – 1
Qalxma yüksəkliyi – 1000 m
Kütləsi – 8,8 kq

Sürəti – 79 km/saat
Yükgötürmə qabiliyyəti – 10 kq

2.7 Dron texnologiyası ilə aqrokimyəvi maddələrin aerozol halda çiləməsinin riyazi hesabatı.

Müxtəlif bitkilərə aqrokimyəvi maddələrin aerozol halda səmərəli tətbiqini riyazi yolla hesablamaları apara bilərik.

Mayenin damcılarının ölçüləri aerozol çilәmədə d_{or} = 50...100 mkm, aerozol üsulla isə d_{or} = 1...2 mkm kiçiklikdə olur.

Becərilən bitkilərin səthinin damcı ilə örtülmə dərəcəsi K (%) aşağıdakı düsturla tapıla bilər.

$$K = \frac{100\pi}{4S_0}(d_1^2 n_1 + d_2^2 n_2 + ... + d_n^2 n_n) = \frac{25\pi}{S_0}\sum_{i=1}^{n} d_i^2 n_i \qquad (2.1)$$

Burada: $d_1, d_2 ...... d_n$ – damcı izlərinin diametrləridir, mkm
$n_1, n_2 .... n_n$ – hər ölçüdən olan damcıların sayıdır
S_0 – tədqiq olunan sahədir, mkm^2

Bitkinin üst səthlərinin 80%, alt səthlərin isə 60% -dən çoxu damcı ilə örtülməlidir.

Çiləmə damcının səmərəli təsir əmsalı aşağıdakı düsturla tapıla bilər.

$$K_{st} = \frac{S_s}{S_{iz}}; \qquad (2.2)$$

Burada: S_s – damcının səmərəli təsir sahəsi
S_{iz} – damcı izinin sahəsi

$$S_s = 0,78\,(d_{iz} + 2\,r)^2\,; \quad (2.3)$$

$$S_{iz} = 0,78\,d_{iz}^2 \quad ; \qquad (2.4)$$

(2) düsturunda (3) və (4) tənliklərini nəzərə alsaq, onda aşağıdakı düsturu yaza bilərik.

$$K_{st} = \frac{(d_{iz} + 2\,r)^2}{d_{iz}} \quad ; \quad (2.5)$$

Burada: r – səmərəli təsir radiusu, (r = 100...200 mkm)
d_{iz} – damcı izinin diametri, mm

Becəriləcək bitkinin səthinin damcılarla səmərəli örtülmə dərəcəsi

$$K_{səm} = K_{st}\,K \quad ; \quad (2.6)$$

Alınan düsturdan görünür ki, damcıların ölçüsü kiçildikcə onun səmərəli təsir dərəcəsi artır.

Dron üzərində çiləyici sistemin məhlul sərfi aşağıdakı düsturla tapıla bilər.

$$Q_s = \frac{0,1\,B_d\,V_d\,Q}{60} = \frac{B_d\,V_d\,Q}{600} \quad ; \quad (2.7)$$

Burada: Q_s *– çiləyici sistemin məhlul sərfi, L/dəq*
B_d *– dronun çiləmə işçi əhatə eni, m*
V_d *– dronun uçuş sürəti, km/saat*
Q – hektarlıq məhlul sərfi norması, L/dəq

Çiləyici ucluqların tələb olunan sayını aşağıdakı düsturla hesablamaq olar.

$$Z_u = \frac{Q_s}{q_1} \quad ; \quad (2.8)$$

Burada: Z_u – çiləyici ucluqların sayı, ədəd

q_1 – bir ucluqdan çıxan işçi maye sərfi, L/dəq

Bir ucluğun işçi məhlul sərfi q_1 (L/dəq) hidravlikanın məşhur düsturu ilə təyin edilir.

$$q_1 = 0{,}06\ \mu\ S\ \sqrt{2gP} \quad ; \quad (2.9)$$

Burada: S – ucluğun çıxış deşiyinin en kəsik sahəsidir, mm^2

g – sərbəst düşmə təcilidir, m/san^2

P – işçi məhlulun ucluğa girişi zamanı təzyiqi, Pa

μ - sərfiyyat əmsalı olub, μ = 0,27...0,41 aralığında dəyişir.

2.8 Dronlarda optik kamera və sensor növləri

Spektral kameralar və sensorlar elektromaqnit spektrində çox geniş və ya kiçik zolaqlı görüntüləri yaradır. Bu spekrtal sensorların dron ilə birləşməsi və aparılan texnologiya əkinçiliyin yeni bir müşahidə perspektivliyi yaratmışdır.

Termal sensorlar. Termal texnologiya ilk dəfə Böyük Britaniyada zenit müdafiəsi üçün hazırlanmış və istifadəyə verilmişdir. Bu texnologiyada termal görüntüləmə, elektromaqnit enerjisi sayəsində əmələ gəlir.Termal sensorların 2 əsas növü var.

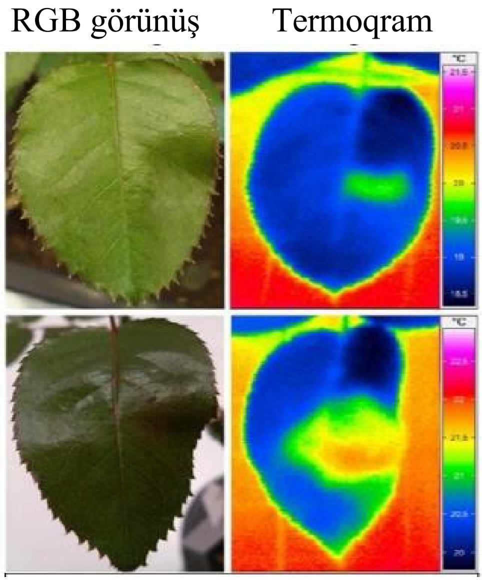
1. ***Soyudulmuş***
2. ***Soyudulmamış***

Soyudulmamış termal sensoru. Soyudulmamış termal görüntüləmə sensorları ən çox geniş yayılmışdır. Bu sensorların əsas elementlərindən biri infraqırmızı detektor olmaqla, otaq temperaturunda işləyə bilməsidir.Qiyməti daha ucuzdur. Lakin qətnamələri və görüntü keyfiyyəti soyudulmuş termal sensorundan müqaisədə çox aşağıdır.

Soyudulmuş termal sensoru. Soyudulmuş termal görüntüləmə sensor elementləri 0 ° C – dən aşağı səviyyədə saxlanılır.Çox yüksək 0,1 ° C -ə qədər dəqiqliyi seçərək, qarşıda olan istilik fərqinə görə görüntünü müəyyən edir.Bu sensorların qiyməti çox bahadır.Dünya bazarında 3500-10000 dollar arasında qiymətləri dəyişir.

Bu növ sensorlar sayəsində bir cisimdə baş verən əhəmiyyətli dərəcədə istilik dəyişikliyi zaman keçdikcə görünə bilər. Bitkilərdə baş verə biləcək zədələnmələri, xəstəlikləri, zərərvericiləri və bitkinin transpirasiyasını müəyyənləşdirmək üçün termal görüntülənmədə istifadə edilə bilər.Termal görüntü kameraları ehtiyac olan məlumatlara və ya kənd təsərrüfatında lazım olan ehtiyaclara görə böyük bir potensiala malikdir.

Termal görüntü bitkinin suvarılma vəziyyəti ilə əlaqəli olan bitkinin temperaturunu qiymətləndirməkdə dəqiq nəticələr verir.



Şəkil 2.10 Kamera və sensorların yarpaq görüntüsü

Termal görüntüləmə stomatal keçiriciliyin daha yaxşı izlənməsinə imkan yaradır. Stomatal keçiricilik bitki potensialının monitorinqində quru torpaqda bitkinin reaksiyasını, həmçinin bitki suyunun azalmasından asılı olmayaraq, stomatal keçiriciliyinin azalması izlənilə bilər.

Bitkinin transpirasiya dərəcəsindəki dəyişikləri təyin etmək qiymətli məlumatlardan biri hesab olunur.Belə ki, yarpaqda ləkə və pas kimi patogenlər dəyişirlik göstəricilərdəndir. Rhizoctonia solani və ya Pythium spp kimi torpaq patogenləri transpirasiya dərəcəsinə və bitkinin su udma qabiliyyətinə təsir edir. Bu kimi problemlərin vaxtında aşkarlanması üçün termal görüntüləmə ilə nail olmaq olur.

Multispektral sensorlar. Multispektral kameralar və sensorlar eyni vaxtda infraqırmızı və ultrabənövşəyi şüaları udma qabiliyyətinə malikdir. Multispektral kameralar insan gözü ilə görünməyən görüntüləri seçən və yaradan cihazdır.

Multispektral görüntülərin istifadəsi ilk dəfə 1960-cı illərdə ABŞ-ın Kaliforniya Universitetinin Meşəçilik bölməsində professor Berkley bağçılıq sahəsində tətbiqinə başlamışdır. Bundan sonra professor Robert Kolvel kənd təsərrüfatı və meşəçilikdə ayrı-ayrı sahələrdə spektral ölçmələr aparmaqla, geniş zolaqlı parnomatik növdə görüntülər əldə etməklə qiymətləndirmişdir.

Hal-hazırda bir çox spektral görüntülər rəqəmsal formatda toplanır.Rəqəmsal format sensorun növündən asılı olaraq 3-15 spektral zolağın işıq ölçmə qiymətlərinin toplusudur.

Multispektral kameralar bitkilərin təsnifatını onların xəritələşməsində o cümlədən proqnozlaşdırmada, bitkilərin inkişaf mərhələlərində, alaq otların və xəstəliklərin aşkarlanmasında, mineral elementlərin çatışmamazlığı hallarında əldə olunmuş fotosintetik piqment şəkillərin sistemlərə inteqrasiya olunması ilə səmərəli nəticələr verməkdədir.

Hiperspektral sensorlar. Hiperspektral sensorlar görüntünü daha çox spektral hissələrə çox ayırmasını təmin edir. Spektral aralığın dar spektral zolaqlarda görüntü yaradır. Hiperspektral sensorların görüntüləmə qabiliyyəti dəqiq olsada qiyməti bahadır. Dünya bazarında 3500 dollardan baha hiperspektral sensorlar hazırda satılır.

Hiperspektral məlumatların təhlili çox asandır.Alınmış elektron görüntülər ENVI proqramları ilə daha dəqiqləşdirilə bilir. Belə ki, ENVI proqramı atmosferin təsiri nəticəsində müxtəlif topoqrafik xəritələrin hazırlanması zamanı sensorların görüntülü xətalarında yaranan anlaşılmazlığı aradan qaldırır.

Hiperspektral kameraların istifadəsi yarpaqda pas,toz ləkəsi kimi görünən bitki patogenlərinin aşkarlanmasında və erkən inkişaf mərhələlərində görüntüləri ilə məlumatlar əldə edilir.

Hiperspektral görüntüləmə dənli bitkilərdə mikotoksinlərin aşkarlanmasında istifadə edilir. Mikotoksinlər insanlarda və heyvanlarda xəstəlik yaratmaqla ölümə səbəb ola bilən mikrofuguslar tərəfindən istehsal olunan ikinci metabolitlərdir.

Mikotoksinlərin erkən aşkarlanması istehsalçılar və istehlakçılar üçün son dərəcədə vacibdir. Fusarium ssp. mikotoksinlər yaratmaqla buğda, arpa, çovdar, yulaf kimi dənli bitkiləri yoluxdurur. Hiperspektral sensorların istifadəsində sünbüllərdə baş verən zədələrin (kök çürümə xəstəliyinin) erkən aşkarlanması üçün əlverişlidir.

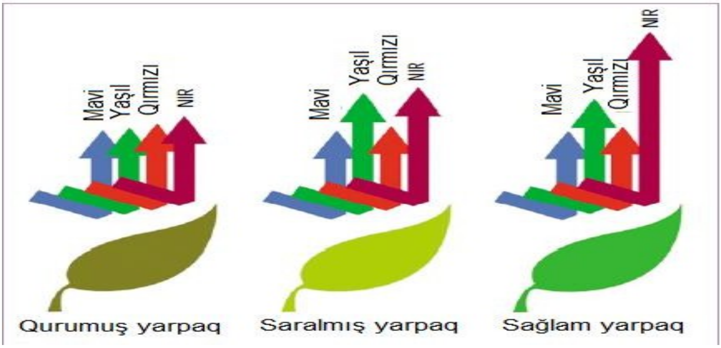
Bu kameralar və sensorlar vasitəsilə bitkidə fizioloji dəyişiklikləri görmə və sahədə bitki mühafizə tədbirlərini vaxtında yerinə yetirməyə imkan verir.

2.9 SENSORLARIN VƏ NDVI XƏRİTƏLƏRİN TƏHLİLİ

Dronların üzərində aşağıdakı görüntülü sensorlar mövcuddur.

- ***RGB** (qırmızı, yaşıl, mavi) – bu tip sensorlar bitkilərin miqdarını, boy hündürlüyünü və vizual yoxlamaq üçün imkanlar yaradır.*
- ***NIR** (yaxın infraqırmızı) – suvarmanın idarəedilməsində, torpağın eroziya analizi, bitkilərin miqdarını, torpağın nəmliyinin analizini və bitkilərdə xəstəliklərin aşkarlanmasında köməkçi olur.*
- ***RE** – (qırmızı kənar) – bitkilərin miqdarını, suvarmanın idarə olunmasında və bitkilərdə xəstəliklərin aşkarlanmasında köməkçi olur.*

Bu sensorların köməkliyi ilə NDVİ xəritələri yaradılır. NDVİ – xəritələrin ArcGIS proqramları ilə təhlili, bitkilərdə baş verən xəstəliklərin erkən aşkarlanması, onların qarşısını alınması dəqiq əkinçilik üçün münasib sayılır.

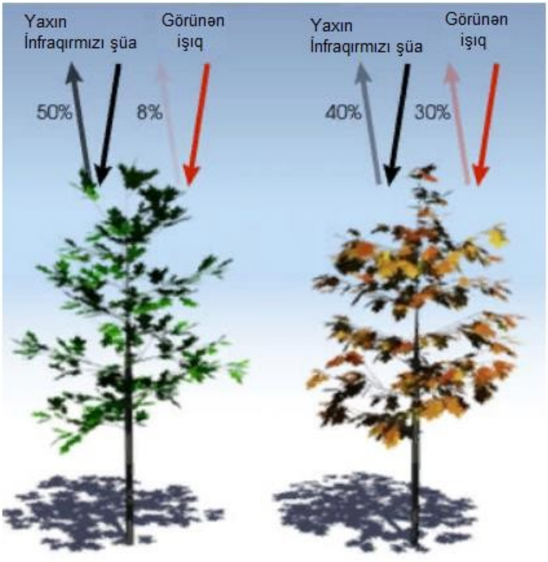


Şəkil 2.11 Bitki üzərinə düşən işıq spektrlərinin qayıtma şüa uzunluğu

NDVİ xəritələrinin dəqiq təhlili işıq spekrtlərin qayıtma faizinə görə hesablanır. Bu üsul cansız məkanı canlı aləmdən seçməkdə və baş verə biləcək xəstəliklərin vaxtında aşkarlanmasında əhəmiyyətli rol oynayır.

$$\text{NDVİ} = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}\ ; \qquad (2.10)$$

Burada: NIR - əks yaxın infraqırmızı spektrli şüa
RED - əks qırmızı spektrli şüa



a) b)

Şəkil 2.12 Bitkinin üzərinə düşən şüa və əks olunma faizi

Sağlam olan bitkilərdə xlorofil maddəsinin çox olması yaxın infraqırmızı şüaları 50 % , qırmızı spektrli şüaları isə udaraq 8 % əks etdirir. Ancaq xəstəlik baş vermiş bitkilərdə isə yaxın infraqırmızı şüaları 40 % -dən az, qırmızı spekrli şüa isə 30% çox əks olunması ilə müşahidə olunur (şəkil 2.12).

Bu göstəricilərə uyğun NDVİ düsturuna görə hesablamalar aparaq.

a) Variantı üçün $$\text{NDVİ} = \frac{0{,}50-0{,}08}{0{,}50+0{,}08} = 0{,}72$$

b) Variantı üçün $$\text{NDVİ} = \frac{0{,}40-0{,}30}{0{,}40+0{,}30} = 0{,}14$$

Aparılmış hesablamalardan məlum olur ki, a) variantı sağlam bitki üçün, b) variantı isə xəstəlik baş vermiş bitki üçün NDVİ xəritəsində alınmış göstəricidir.

NDVİ xəritələrdə əks olunan qiymətlərin və rənglərin səciyyəsi

Qiymət göstəricisi	Əlamətlər
< 0	Cansız məkan, yollar,tikililər,torpaq,qurumuş bitkilər
0 -> 0.33	Xəstəlik tutmuş bitkilər
0.33 -> 0.66	Sağlam bitkilər
-> 0.66	Yaxşı inkişaf etmiş sağlam bitkilər

NDVİ xəritə tərtibində rəng diapozonu

Şəkil 2.13 Eyni sahənin 3 müxtəlif sensorlarla görüntüsü

2.10 Multispektral və hiperspektral görüntülərin NDVI xəritələrində təhlili və qiymətləndirilməsi.

Bitki örtüyünün populyasiyasını müəyyən etmək üçün ən əsas metodlardan biri yaxın infraqırmızı şüanın qırmızı spektrli şüaya olan nisbəti ilə müəyyən edilməsidir. Bitki örtüyü indeksi aşağıdakı düsturla hesablana bilər.

$$SR = \frac{NIR}{RED} \quad ; \quad (2.11)$$

Burada: SR – bitki indeksi;
NIR – yaxın infraqırmızı işıq;
RED – qırmızı spektrli işıq;

Bitki örtüyü olan sahələr yüksək nisbi qiymətlər və az olan sahələr isə aşağı qiymətlər alacaqdır.

NDVİ xəritələrin saxlanılması və qiymətləndirilməsi 0 -255 intervalı aralığında dəyişir.

Daha yaxşı bir metod NDVI –nin maksimum və minimum qiymətlərindən istifadə edərək, miqyaslı bir NDVI xəritəsini yaratmaqdır. Hər ölçü piksel üçün miqyaslı NDVI xəritələrinin qiymətləri aşağıdakı kimi hesablana bilər.

$$\text{Scaled NDVI} = \left(\frac{NDVI_{pik} - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}}\right)\ 255\ ; \quad (2.12)$$

NDVI xəritələri normal olaraq, bitkinin vegetativ böyüməsi dövründə hesablanır. Bitki örtüyünün faiz miqdarı, bitkinin qidalanması,xəstəlik və zərərvericilərin vəziyyəti həmçinin son məhsulun qiymətli parametrləri ilə əlaqələnə bilər. Bu xəritələrdə bitki örtüyünün maksimum qiyməti 2,5 ... 4 arasında olmasıdır. Bitkinin vegetativ böyüməsi normal olaraq 0,7 ...0,8 qiymətləri arasında dəyişir.

NDVI xəritələrində bütün indekslər torpaq amilindən asılılığı əsas məsələlərdən biridir. Bu xəritələrdə torpaq örtüyü əkin yerlərində təxminən 0 – 15 % arasında olmaqla, bitki örtüyü ilə sərhəddə malikdir.

2.10.1 Fotosentetik işıq nisbəti (indeksi)

NDVI xəritələrdəki görüntülərdə fotoqrafiya kimi NIR zolağı olmadığı vaxt bitkinin məhsuldarlığını qiymətləndirilməsi üçün istifadə edilə bilər. NIR şüası

daha az əks olunarsa, yəni yaşıl bitki yox sarı rəngli bitkilər (*taxılın yetişməsində*) olarsa, onda NDVI-də görüntülər daha dəqiq olmayacaqdır. Fotosentetik şüa nisbəti indeksi aşağıdakı düsturla hesablana bilər.

$$PVR = \frac{GREEN}{RED} \quad ; \qquad (2.13)$$

Burada: GREEN – NDVI xəritəsində yaşıl rəng;
RED – NDVI xəritəsində qırmızı rəng;

2.10.2 Bitki piqment nisbəti (indeksi)

Mavi, yaşıl zolaqlar bitkilərin piqmentlərini və xüsusiyyətlərinin səciyyə göstəricilərini əks etdirir. Bitki piqment nisbəti, yaşıl kütlənin sıx olduğu sahələrdə yüksək qiymətlər yaradır. Zəif bitki piqmenti isə yaşıl kütlənin sahədə az olmasını səciyyələndirir.

NDVI xəritələrdə bu piqmentlər bəzi hallarda düzgün qiymətləndirilmir. Belə ki bitkilər çiçəkləyən zaman düzgün qiymət vermək çətin olur. Bitkilərin piqment

nisbəti, çiçəklənmənin intensivliyini düzgün qiymətləndirməklə, son məhsul göstəriciləri üçün vacib məsələlərdən biri olur. Bu zaman bitki piqmenti aşağıdakı düsturla hesablana bilər.

$$PPR = \frac{GREEN}{BLUE} \quad ; \quad (2.14)$$

Burada: $GREEN - NDVI$ *xəritəsində yaşıl rəng;*
$BLUE - NDVI$ *xəritəsində mavi rəng;*

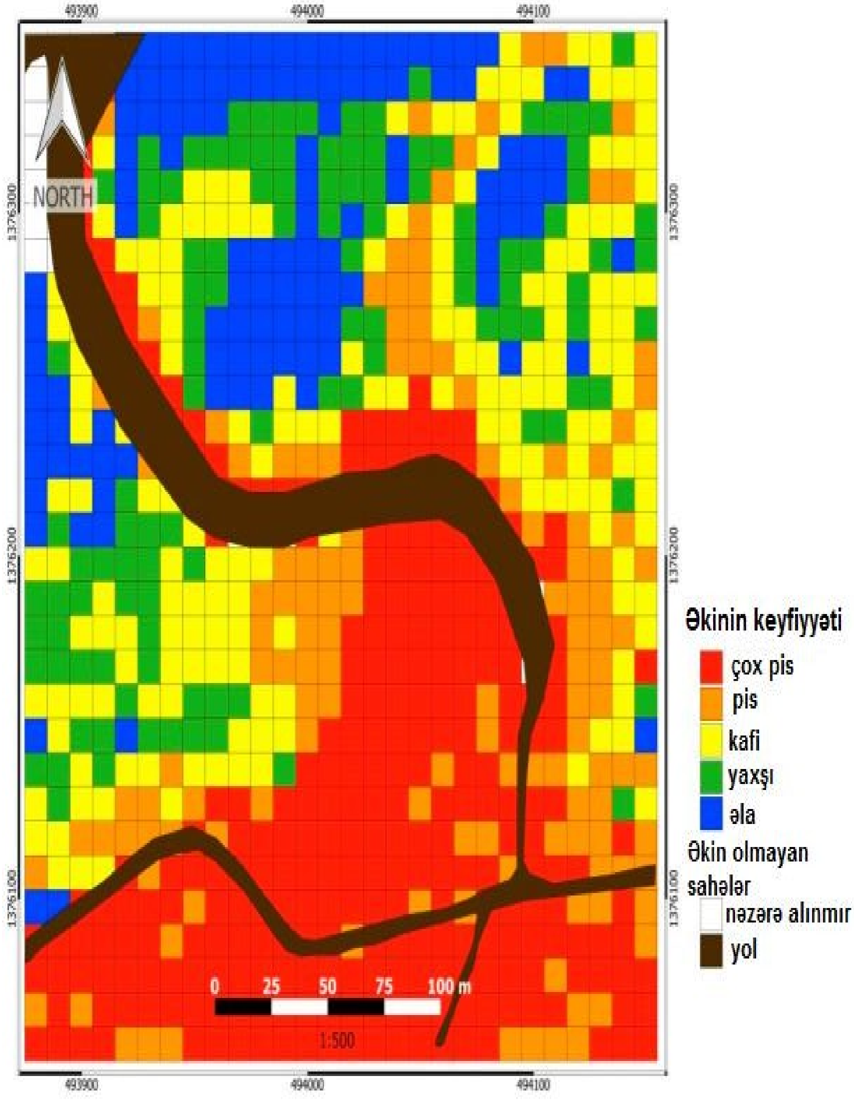
2.10.3 Qırmızı rəngli indeks (torpaq təsnifatı)

Torpaqların xüsusiyyətlərinin düzgün təhlili üçün ümumi görüntülərin , əkin altında olmayan torpaqların kompleks analizi və əsas metod kimi istifadə edilir.Əkindən əvvəl torpaqların qiymətləndirilməsində NDVI xəritələrində qırmızı və boz rəngli çalarlar olmaqla, əks olunur.SWIR zolaqları olan nisbətlərindən istifadə etmək daha məqsədə uyğundur.

$$RI = \frac{(RED - GREEN)}{(RED + GREEN)} \quad ; \quad (2.15)$$

Xəritələrdə qırmızı rəng və yaşıl rəng çalarları az-çox olmaqla əks olunur.Əkin altında olmayan, bitki örtüyü olmayan torpaqlar həmişə mənfi qiymətlər alır.Əkin sahəsində otlar cücərərsə onda qırmızı çalarlar çox, yaşıl rəng isə az əks olunacaqdır.Əgər torpaqlarda nəmlik və üzvü maddələr çox olarsa, onda qırmızı rəng çalarları solğun olacaqdır.

Şəkil 2.14 Dronla çəkilən NDVİ xəritəsi



Şəkil 2.15 Dronla çəkilən bitki populyasiyasını əks etdirən xəritənin ümumi görünüşü

2.11 LİDAR texnologiyası

Kənd təsərrüfatı torpaqları müxtəlif forma və ölçüdədir. Topoqrafik cəhətdən müxtəlifdir. Əkin sahələrinin xəritələrini dəqiq bir şəkildə müəyyənləşdirmək bir problemdir. Texnologiyanın inkişafı sayəsində dəqiq və fərqli xəritə qurmaq LİDAR texnologiyası ilə mümkün olmuşdur.

LİDAR texnologiyası dünyada 1971-ci ildə ixtira edilmişdir. Ancaq bu texnologiyadan kosmos fəzasında şəkillərin çəkilməsində tətbiq edilmişdir. Təyyarə ilə bu texnologiyanın tətbiqi kənd təsərrüfatı üçün çox bahalı və əlverişsiz hesab edilir. LIDAR sözünün mənası “işıqla aşkarlama və dəyişmə” mənasını verərək, bir çox ədəbiyyatlarda “Lazer scan” və ya “3D scan” yazılmaqla məna daşıyır.

Şəkil 2.16 Lazer skan və ya LİDAR

LİDAR görüntüləmə digər spektrli sensorlarla müqaisədə unikaldır. LİDAR öz işığından istifadə edir. LİDAR sensorlar işığın sürətləri (r) ilə işığın düşmə məsafəsini (D) hesablayır.

$$D= \frac{\text{LİDA R}}{\frac{rt}{2}} \qquad (2.16)$$

Burada: *D – sensordan hədəfə qədər olan məsafə*
r – sürəti ($3 \cdot 10^8$ m/san işıq sürəti)
t – lazer şüasının qayıtma vaxtıdır

Lazer süasının obyektə çatması və qayıtmasını nəzərə alaraq 2 - yə bölünür.

LİDAR aşağıdakı fərqli məlumatları dəqiq əldə olunması üçün istifadə olunur.

1. *Rəqəmsal topoqrafik modelləri (şəkil və xəritələrdə dağlar,dərələrin ölçü məlumatları, torpağın eroziyası,suvarma şəbəkələrinin axın yolları və nəzarəti).*
2. *Bitki örtüyü modelləri (əkin sərhədləri,əkin altında qalan sahələrin ölçüləri və s.)*

LİDAR texnologiyası kənd təsərrüfatında üç ölçülü rəqəmsal modeli yaratmaq üçün istifadə edilə bilər.Kənd təsərrüfatında təbii resursların dəqiq istifadəsi üçün dəqiq xəritələr yaradıla bilər.

Landşaft xüsusiyyətlərinə görə torpaqda nəmlik səviyyələri və təbii münbitlik dəyişkəndir.LİDAR yamaclarda,dağlıq ərazilərdə,yüksəkliklərdə torpağın

dəyişkən xüsusiyyətlərini müşahidə etməyə,ölçməyə və xəritələrin hazırlanmasında geniş istifadə edilir.

Kənd təsərrüfatıdan çox faydalı dəqiq topoqrafik xəritələrin çəkilməsində liderdir. Bu texnologiya digər sensorlara nisbətən əsas üstünlüyü gecə-gündüz aydın görüntülərin çəkilməsinin təmin edilməsidir. Gecə vaxtı heç bir işıq olmayan halda LİDAR həmin ərazini tam işıqlı göstərməyə qadirdir.

Torpağın eroziyası bu gün bir çox fermerlərin üzləşdiyi geniş bir ekoloji problemdir.Torpaq təbiət hadisələri zamanı su və külək təsirlərinə məruz qalır.Nəticədə torpaqlar yuyularaq və ya havaya sovrularaq üst qatı itkiyə gedib, yarğanlar əmələ gəlir.Torpağın faydalı qida elementləri yuyulur.

Təsərrüfatda eroziya problemlərinin miqyasını müəyyən edilməsi və xəritələrin çəkilməsi üçün LİDAR texnologiyasından istifadə edilir. Dünyada məşhur olan "Yenidən baxılan universal torpaq itkisi tənliyi" RUSLE uzun müddət torpaqların istifadəsi məqsədi ilə su axınının vəziyyəti və şərtləri üçün qabaqcadan təyin etməyə imkan verir.Güclü yağışların (Leysan) yağması nəticəsində yaranmış su axınının istiqaməti və əvvəlcədən görülən tədbirlər haqqında planlı bir xəritənin tərtibində LİDAR texnologiyası əvəz olunmazdır.

Məşhur "RUSLE" düsturu aşağıdakı kimidir.

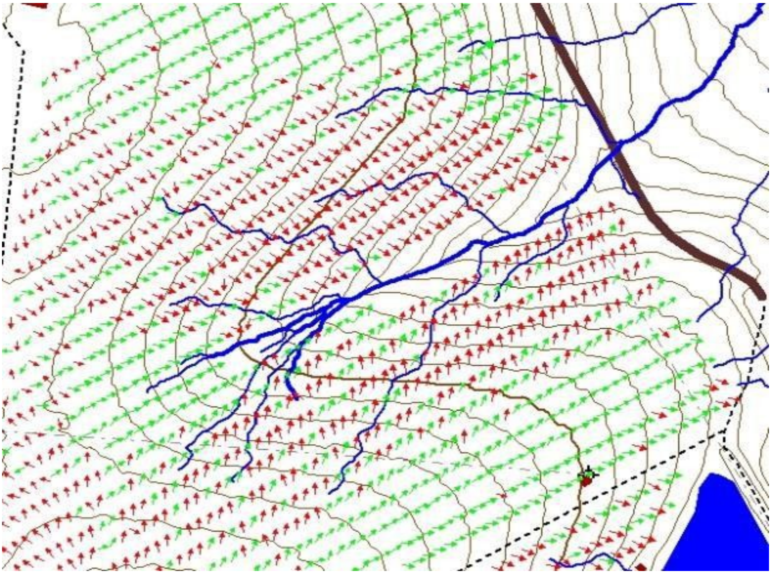
$$A = R\ K\ LS\ P\ C \qquad (2.17)$$

Burada: A - hesablanmış torpaq itkisi, (ton / ha / il)
R - yağış eroziyası amili,
K - torpağın aşınma amili,
LS - yamacın uzunluğu / qradiyent amili,
C - torpaq örtüyünün yerdəyişmə amili,

P - eroziya nəzarət təcrübəsi amili,

"RUSLE" düsturu ilə biz torpağın üst qatının itkilərini riyazi yolla hesablaya bilərik. Dron vasitəsilə LİDAR texnologiyası ilə xəritələr çəkilib, "RUSLE" düsturu ilə riyazi hesablamalar apara bilərik.

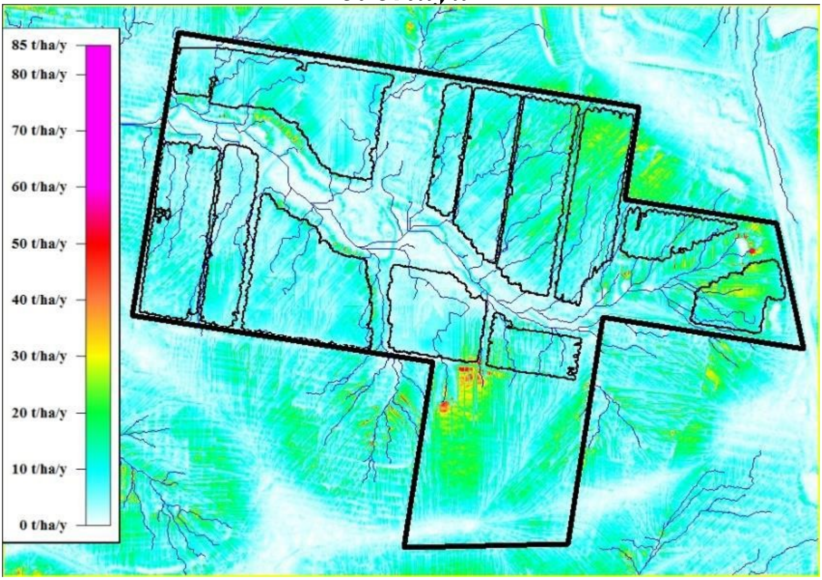
Hal-hazırda dronlar vasitəsilə kənd təsərrüfatında LİDAR texnologiyası ilə torpaqların monitorinqi və eroziyasının aşkarlanması aparılmaqdadır. Bu sahədə topoqrafik xəritələrin çəkilməsi və hazırlanması, düzgün təhlil edilməsi uğurla gedir.



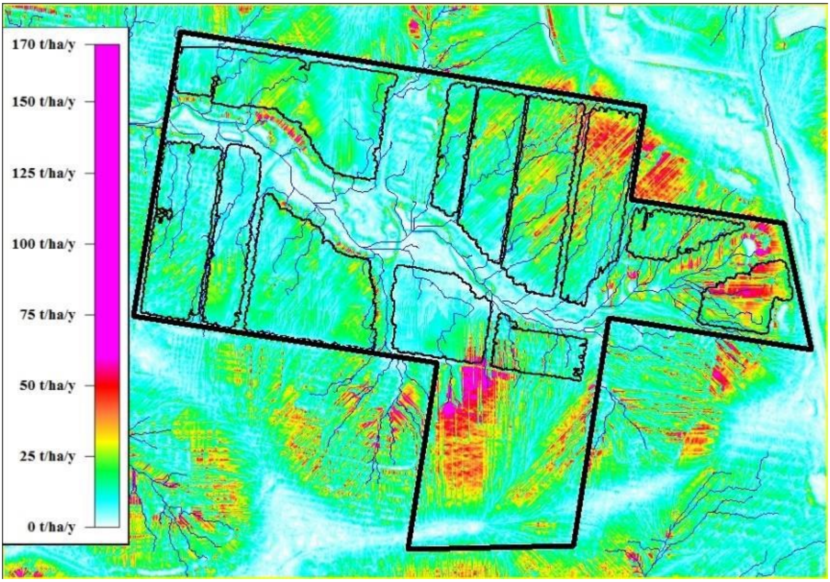
Şəkil 2.17 LİDAR sensoru ilə bağlardan çəkilmiş xəritə

Güclü yağış zamanı su axını xətləri və su axınının istiqaməti ağac cərgəsindən aşağı axmaq üçün rənglənən hər ağacın dibi yaşıl rəng və ya ağac cərgəsi boyunca isə qırmızı rənglə əks olunur.

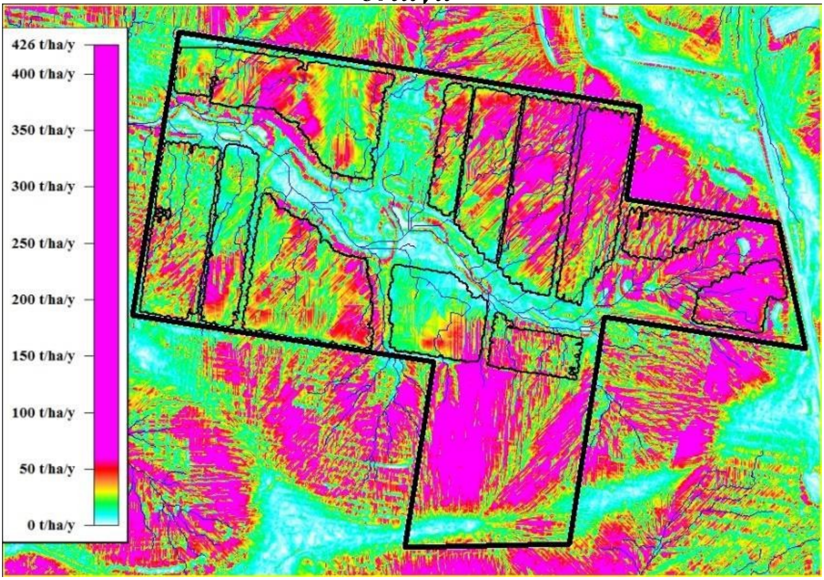
Şəkil 2.18 Torpaq örtüyünün göstəricisi xəritəsi, 100% ot örtüyü



Şəkil 2.19 Torpaq örtüyünün göstəricisi xəritəsi, 50% ot örtüyü



Şəkil 2.20 Torpaq örtüyünün göstəricisi xəritəsi , 20% ot örtüyü



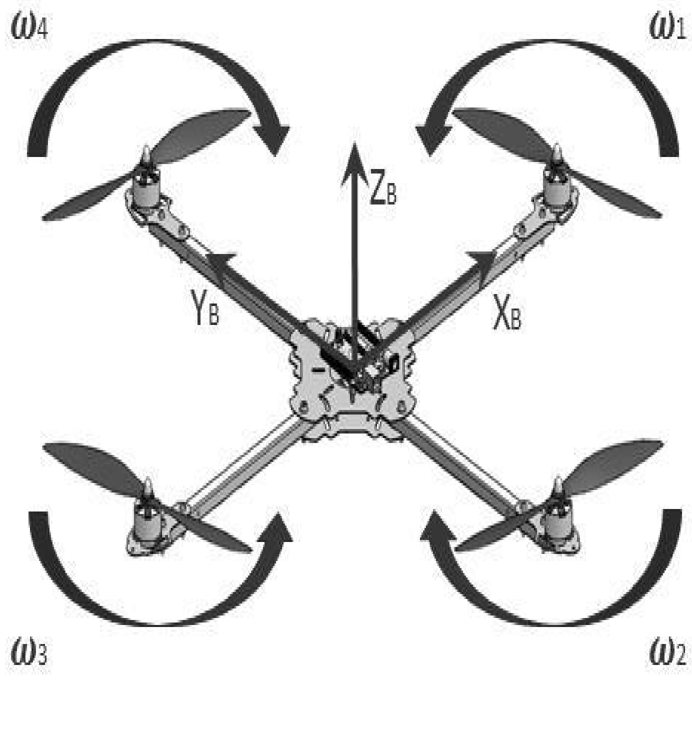
Şəkil 2.21 Torpaq örtüyünün göstəricisi xəritəsi, ot örtüyü yoxdur

3. ROTORLU DRONUN RİYAZİ NƏZƏRİYYƏSİ

Quadrokopter (4 mühərrikli dron) - şaquli qalxma və eniş imkanı verən dörd mühərriki olan uçan hava aparatıdır. Fəzada (6 DOF) altı sərbəstlik dərəcəsinə malikdir. Dörd nəzarət edilən dəyişən sürətli mühərriklər, dinamiki olaraq sistemi hərəkət vəziyyətinə gətirir. Nəzarət edilə bilən dəyişənlərin sayı, fəzada quadrokopterin istiqamətinə və hərəkətinə təsir edən dəyişən sürətlərin və istiqamətlərin sayına bərabərdir. Quadrokopter, oxlardan biri ətrafında sonlu bir fırlanma olmadan, yəni quadrokopterin mailliyi olmadan, taraz vəziyyəti ilə hərəkət edə bilməz. Tutaq ki, fırlanma zamanı oxlardan birinə görə istiqaməti dəyişdirmək lazımdır. Bunu etmək üçün bir və ya iki mühərrikin fırlanma sürətini artırmaq və ya azaltmaq lazımdır. Dəyişmə dəyişikliyi yalnız bir pərdə baş verərsə, bu Z_B fırlanma oxu ətrafında fırlanma anı qeyri-tarazlığa səbəb ola bilər. Sabit uçuşa nail olmaq üçün bir neçə yüksək dəqiqlik sürət sensorunu dəqiq idarəetmə alqoritmi ilə birləşdirmək lazımdır.

Yalnız quadrokopterdəki hərəkətli hissələr, mühərriklər üzərində pərlərdir. Pərlər mühərrikin oxunda taraz vəziyyətindədir. Quadrokopter çarpaz (+) konfiqurasiyaya (X_B və Y_B oxları aparıcıların istiqamətlərinə yönəldilmişdir) və ya (X) konfiqurasiyasına (X_B və Y_B oxları aparıcılar arasındakı istiqamətlərə istiqamətlənmiş) malik ola bilər (şəkil 3.1). Daha çox riyazi modelləşdirmə üçün (+) konfiqurasiya

qəbul edilir. Quadrokopterin çərçivəsi, aparıcılar ilə mexaniki birləşdirən simmetrik, yüngül və nazik bir konstruksiyadır. Mühərrik pərlə birbaşa birləşmişdir. Bütün mühərriklərin oxları taraz və paraleldir. Bütün pərlərin bərabər sürətdə fırlanması zamanı Z_B oxunun əks istiqamətində hava axınının yaranmasına səbəb olur ki, bu da Z_B oxunun müsbət istiqamətində quadrokopteri itələyir. Quadrokopteri havaya qaldırır (şəkil 3.1).



***Şəkil 3.1 Quadrokopterə hərəkət verən əsas qüvvələr*.**

3.1 Quadrokopterin riyazi modelləşdirilməsi

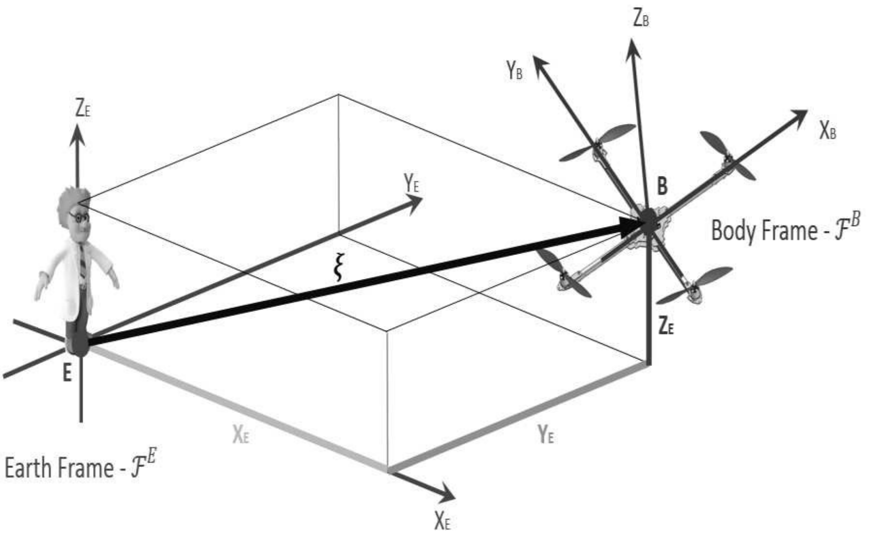
Riyazi modelin ilkin qiymətlərinə və quadrokopterin məruz qaldığı xarici təsirlərə görə hərəkətini və istiqamətini müəyyən edir. Riyazi modeldən istifadə edərək, pərlərin dörd bucaq sürətini bilməklə, quadrokopterin istiqamətini və hərəkətini proqnozlaşdırmaq mümkündür. Müxtəlif şəraitdə quadrokopterin hərəkətini və istiqamətini kompüter simulyasiyası ilə yoxlamaq olur. Kompüter simulyasiyası idarəetmə alqoritminin yoxlanılması üçün nisbətən sadə, ucuz və zərərsiz bir üsuldur. Daha ətraflı riyazi model, quadrokopterin hərəkətini, eyni zamanda daha çox simulyasiya müddətini dəqiq müəyyən edir. Riyazi modelin məqsədi quadrokopterin hərəkətinin birbaşa pərlərinin bucaq sürətlərindən asılılığını xarakteriz edir. Bu riyazi modeldə nəzərdən keçiriləcək yeganə elementlər, aparıcı mühərriki olan quadrokopterin fəzada əhatə dördbucaqlısıdır. Yerdən idarəedənin əhatə dördbucaqlısına uyğun bucaq sürətləri ilə birlikdə quadrokopterin qurluşu Şəkil 3.1-də göstərilmişdir.

3.2 Quadrokopterin koordinat sistemləri

Riyazi modeli əldə etmək üçün iki koordinat sistemi təyin etmək lazımdır:

- yerə parallel olaraq quadrokopterin fəzada əhatə dordbucaqlısı (E-çərçivə, $\mathscr{F}^E$)
- yerdən idarəedənə nəzərən əhatə dördbucaqlısı (B-çərçivə, $\mathscr{F}^B$)

Quadrokopterin fiziki xüsusiyyətləri $\mathscr{F}^E$ ilə müəyyən edilir (şəkil 2). Bəzi xüsusiyyətləri isə $\mathscr{F}^B$ ilə ölçülür. $\mathscr{F}^E$ çərçivəsi X_E oxunun müsbət istiqaməti yerə nəzərən eyni istiqamətdə olduğu inersial koordinat sistemidir. Quadrokopterin ξ istiqaməti və η hərəkəti F^E çərçivəsində müəyyən edilir.
$\mathscr{F}^B$ quadrokopter gövdəsində tarazlanır. X_B oxunun müsbət istiqaməti quadrokopterin ön tərəfində yerləşən aparıcı 1-ci pər istiqamətindədir. X_B oxunun müsbət istiqaməti quadrokopterin sol tərəfində yerləşən aparıcı 4-cü pərin əks istiqamətindədir. Z_B oxu X_B və Y_B oxlarına nəzərən şaquli olmaqla, müsbət istiqamətdə qaldırıcı itələmə qüvvələri istiqamətindədir. Fərziyyə ondan ibarətdir ki, $\mathscr{F}^B$-nin təsir nöqtəsi quadrokopterin ağırlıq mərkəzi ilə üst-üstə düşür. $\mathbf{v}^B$ - xətti sürətləri, $\boldsymbol{\omega}^B$ - bucaq sürətləri, $\mathbf{f}^B$ - təsir qüvvələri və $\boldsymbol{\tau}^B$ - fırlanma momenti F^B-yə nəzərən təyin olunur.



Şəkil 3.2. Yerdən idarəedənin və fəzada quadrokopterin əhatə dördbucaqlısı

Quadrokopterin istiqamətinə $\mathscr{F}^E$ və $\mathscr{F}^B$ –yə nəzərən təsir edən 2 əsas nöqtəsi vektorlar ilə təyin edilir (şəkil 2).

$$\xi = [X\ Y Z\ \ ]^T \qquad (3.1)$$

Quadkopterin hərəkəti η, $\mathscr{F}^E$ çərçivəsidən $\mathscr{F}^B$ – yə istiqamətləndirilməsi ilə müəyyən edilir. İstiqamət $\mathscr{F}^E$ koordinat oxları ətrafında ardıcıl üç fırlanma vəziyyəti ilə müəyyən edilir.

Roll-pitch-yaw əmri tətbiq olunur

$$\eta = [\phi\ \theta\ \ \psi]^T \qquad (3.2)$$

Hərəkət tənliklərini bir neçə səbəbə görə $\mathscr{F}^B$-yə nəzərən yazmaq daha uyğundur: sistemin ətalət matrisi və sərf olunan vaxt dəyişməz olduğunu qəbul edək. Dördbucaqlı çərçivənin simmetriyasına görə olan tənliklər sadələşdirilir, sensorların qeyd etdiyi ölçülər asanlıqla $\mathscr{F}^B$-yə çevrilir və nəzarət olunan dəyişkən tənlikləri sadələşdirilir.

3.3 Quadrokopterin kinematikası

Altı sərbəst vəziyyətdə (6 DOF) sərt bir cismin kinematikası verilir

$$\dot{\varepsilon} = \mathbf{J}\,\boldsymbol{\nu} \qquad (3.3)$$

Burada: $\dot{\varepsilon}$ - $\mathscr{F}^B$-də ümumiləşdirilmiş sürət vektorudur,
$\boldsymbol{\nu}$ - $\mathscr{F}^B$-də sürət vektorudur,
$\mathbf{J}$ - ümumiləşdirilmiş fırlanma və çevrilmə matrisidir.

Koordinat oxlarına nəzərən quadrokopterin istiqaməti (ξ) və hərəkəti (η) xarakterizə olunur.

$$\varepsilon = [\ \xi\ \eta\ ]^T = [\ X\ Y\ Z\ \phi\ \theta\ \psi\ ]^T; \qquad (3.4)$$

$\mathscr{F}^B$-də sürət vektoru aşağıdakı şəkildə yaza bilərik

$$\boldsymbol{\nu} = [\ \mathbf{v}^B\ w^B\ ]^T = [\ u\ v\ w\ p\ q\ r\ ]^T\ ; \qquad (3.5)$$

Ümumiləşdirilmiş fırlanma və çevrilmə matrisi, sürətləri $\mathscr{F}^B$-dən $\mathscr{F}^E$-yə ötürür ki, bu da quadrokopter hərəkətinin müşahidə edilməsinə əlverişli imkan yaradır.

Dörd submatrikadan ibarətdir

$$J = \begin{bmatrix} R & 0_{3x3} \\ 0_{3x3} & T \end{bmatrix}; \qquad (3.6)$$

R - fırlanma matrisini aşağıdakı şəkildə yaza bilərik.

$$\mathbf{R} = \begin{bmatrix} \cos\psi\cos\theta & \cos\psi\sin\theta\sin\phi - \sin\psi\cos\phi & \cos\psi\sin\theta\cos\phi + \sin\psi\sin\phi \\ \sin\psi\cos\theta & \sin\psi\sin\theta\sin\phi + \cos\psi\cos\phi & \sin\psi\sin\theta\cos\phi - \cos\psi\sin\phi \\ -\sin\theta & \cos\theta\sin\phi & \cos\theta\cos\phi \end{bmatrix}; \quad (3.7)$$

Ölçülən qiymətlərin bir koordinat sistemindən digər koordinat sisteminə dəyişdirilməsinə ehtiyac olduğundan, matrisin vurulması yolu ilə xətti sürət vektorunu bir koordinat sistemindən digərinə köçürülən fırlanma matrisini aşağıdakı kimi yaza bilərik.

$$\mathbf{T} = \begin{bmatrix} 1 & \sin\phi\tan\theta & \cos\phi\tan\theta \\ 0 & \cos\phi & -\sin\phi \\ 0 & \sin\phi/\cos\theta & \cos\phi/\cos\theta \end{bmatrix}; \qquad (3.8)$$

T - bucaq sürətlərinin $\mathscr{F}^B$-dən $\mathscr{F}^E$-yə nəzərən dəyişmə matrisidir

Bucaq sürətlərini $\mathscr{F}^E$-dən $\mathscr{F}^B$-yə köçürmək üçün $\mathscr{F}^E$-də bucaq sürət vektorunu çevrilmə matrisinin tərsinə vuraraq, matrisə vurmaq lazımdır.

3.4 Quadrokopter dinamikası: Nyuton-Eyler metodu

Quadrokopter dinamikasını, Nyuton-Eyler metodu ilə diferensial tənliklərlə ifadə edək.

Cismin altı sərbəst vəziyyətinin (6 DOF) dinamikası, kütləsi (m) ilə cismin ətalətindən asılıdır. Dörd aparıcı X_B və Y_B oxları ilə uyğun olduğu dördbucaqlı vəziyyətin simmetrik bir quruluşa malik olduğu fərziyyəsini qəbul edək.Yəni baş ətalət oxları $\mathscr{F}^B$ koordinat oxları ilə üst-üstə düşür. $I_{xx} = I_{yy}$ olduğunu yazsaq onda ətalət matrisi diaqonal matrisə çevrilir.

$$\mathbf{I} = \begin{bmatrix} I_{xx} & 0 & 0 \\ 0 & I_{yy} & 0 \\ 0 & 0 & I_{zz} \end{bmatrix}; \quad (3.9)$$

Quadrokopter dinamikası

$$\begin{bmatrix} m\mathbf{I}_{3\times3} & \mathbf{0}_{3\times3} \\ \mathbf{0}_{3\times3} & \mathbf{I} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{\mathbf{v}}^B \\ \dot{\boldsymbol{\omega}}^B \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \boldsymbol{\omega}^B \times (m\,\mathbf{v}^B) \\ \boldsymbol{\omega}^B \times (\mathbf{I}\,\boldsymbol{\omega}^B) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{f}^B \\ \boldsymbol{\tau}^B \end{bmatrix}; \quad (3.10)$$

Burada: $\mathbf{I}_{3 \times 3}$, ölçüsü 3 x 3 olan eynillik matrisidir (I-dən fərqli), $\mathbf{v}^B$- sürət xətti vektorudur, $\boldsymbol{\omega}^B$ - bucaq sürəti vektorudur, $\mathbf{f}^B$ - quadrokopterə təsir göstərən qüvvə vektorudur, $\boldsymbol{\tau}^B$ - quadrokopterə təsir göstərən fırlanma momenti vektorudur, bunların hamısı $\mathscr{F}^B$ nəzərən belədir.

Ümumiləşdirilmiş qüvvə vektorunu aşağıdakı kimi yaza bilərik.

$$\boldsymbol{\lambda} = [\mathbf{f}^B \quad \boldsymbol{\tau}^B]^T = [F_x \quad F_y \quad F_z \quad \tau_x \quad \tau_y \quad \tau_z]^T. \tag{3.11}$$

İndi (10) tənliyini sadə şəklində yazıla bilər

$$\mathbf{M}_B \dot{\mathbf{v}} + \mathbf{C}_B(\mathbf{v})\,\mathbf{v} = \boldsymbol{\lambda}, \tag{3.12}$$

Burada: $\dot{\boldsymbol{v}}$ - ümumiləşdirilmiş təcil vektorudur,
$\mathbf{M}_B$ - sistemin ətalət matrisidir,
$\mathbf{C}_B(\boldsymbol{v})$ - koriolis- mərkəzdənqaçma matrisidir,
Bunların hamısı $\mathscr{F}^B$ – yə nəzərən belədir.

Sistemin ətalət matrisi, dördbucaqlı kütlədən və $\mathscr{F}^B$-nin koordinat oxlarına nəzərən ətalət momentindən ibarət olan diaqonal matrisidir.

3.5 Qravitasiya vektoru

λ -nin ilk komponenti qravitasiya qüvvəsini modelə gətirən qravitasiya vektorudur. Modeldə bucaqlar deyil yalnız xətti hissələri təsir edir. $\mathscr{F}^E$ –yə nəzərən E nöqtəsində qravitasiya qüvvəsi hər zaman F^E-nin mənfi istiqamətindədir. (əgər $\mathscr{F}^E$ koordinat oxları əvvəlki vəziyyətdə olarsa).

Quadrokopterin hərəkət vəziyyəti Z^B və Z^E oxlarına həmişə paralel olmur. Bu vəziyyətdə dönəndə və hərəkəti zamanı (ϕ və θ) bucaqlarından asılı olaraq, Z^B istiqamətində yalnız bir qravitasiya vektoruna nəzərən müəyyən bir hissəsi hərəkət edəcəkdir.

$$\mathbf{g}_B(\varepsilon) = \begin{bmatrix} \mathbf{f}_G^B \\ \mathbf{0}_{3\times1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{R}^T \mathbf{f}_G^E \\ \mathbf{0}_{3\times1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} mg\sin\theta \\ -mg\cos\theta\sin\phi \\ -mg\cos\theta\cos\phi \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}; \quad (3.13)$$

Burada: $\mathbf{f}_G^B$ - qravitasiya vektorudur $\mathscr{F}^B$ –yə nəzərən,
$\mathbf{f}_G^E$ - qravitasiya vektorudur $\mathscr{F}^E$ –yə nəzərən,

3.6 Giroskopik fırlanma momenti vektoru.

Giroskopik fırlanma momenti vektoru, modelə giroskopik təsir göstərir. İtələyici oxa lazım olan fırlanma vəziyyətinin yaradılması üçün oxa şaquli istiqamətdə lazım olmayan zaman isə ox ətrafında fırlanma vəziyyətində təsir göstərir.

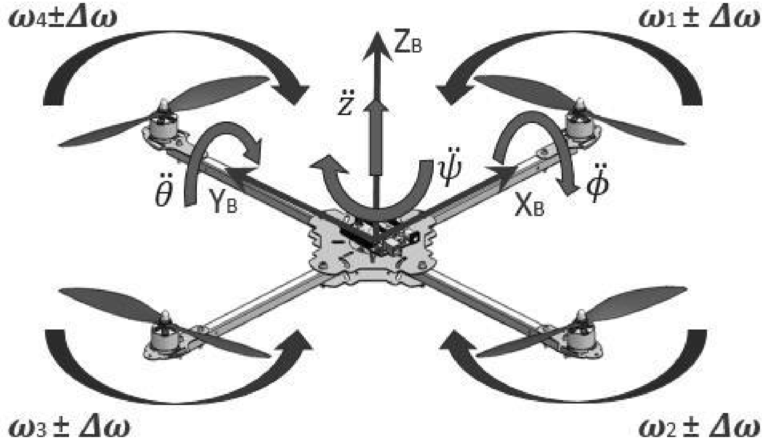
$$\mathbf{o}_B(\mathbf{v})\,\boldsymbol{\omega} = \begin{bmatrix} \mathbf{0}_{3\times 1} \\ -\sum_{k=1}^{4} J_{TP}\left(\boldsymbol{\omega}^B \times \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}\right)(-1)^k\,\omega_k \end{bmatrix} \quad (3.14)$$

3.7 Hərəkət vektoru.

Hərəkət vektoru itələyici qüvvəni U_1 və koordinat oxları ətrafında fırlanma momenti U_2, U_3 və U_4 olur. Nəzarət edilən dəyişənlərin sayı aparıcı mühərriklərin (itələyicilərin) sayına bərabərdir.

$$\mathbf{u}_B(\boldsymbol{\omega}) = [0 \quad 0 \quad U_1 \quad U_2 \quad U_3 \quad U_4]^T = [0 \quad 0 \quad F_Z \quad \tau_\phi \quad \tau_\theta \quad \tau_\psi]^T. \quad (3.15)$$

Dörd əsas hərəkət vəziyyəti, quadrokopterin müəyyən edilmiş hündürlüyə qalxmasını təmin edir. Bu birbaşa təsir göstərə bilən yeganə vektordur ki, əvvəllər adları verilmiş vektorlarla birlikdə quadrokopter sürətinə təsir göstərir. Hərəkət vektoru, pərlərin bucaq sürətlərindən asılıdır.



Şəkil 3.3 $\mathscr{F}^B$-yə görə xətti və bucaq sürətləri.

İdarə olunan dəyişən U_1, yəni aparıcı mühərrikin itələmə qüvvəsi F_Z, Z_B oxunun müsbət istiqamətinə yönəldilmişdir. Pərlərin bucaq sürətlərini eyni miqdarda artırdıqda və ya azaltdıqda, itələmə qüvvəsi də uyğun olaraq artır və ya azalır ki, bu da Z_B oxu boyunca quadrokopter hərəkət imkanlarını yaradır. Quadrokopter üfüqi vəziyyətdədirsə (şəkil 2) $\mathscr{F}^B$ və $\mathscr{F}^E$ –yə nəzərən Z oxları üst-üstə düşür. Quadrokopter üfüqi vəziyyətdə deyilsə, itələmə qüvvəsi $\mathscr{F}^E$-ə nəzərən şaquli və üfüqi xətti üzrə təcillər yaradır. Nəzarət edilən dəyişən U_1 tənliyi belədir.

$$U_1 = F_Z = \sum_{i=1}^{4} f_i = b \sum_{i=1}^{4} \omega_i^2 = b\,(\omega_1^2 + \omega_2^2 + \omega_3^2 + \omega_4^2); \quad (3.16)$$

Burada: ω_i - pərin bucaq sürətidir.
b – quadrokopterin aparıcı qüvvəsidir.

$$b = C_T\, \rho\, A\, r^2, \qquad (3.17)$$

Burada: C_T – *dartı əmsalıdır,*
ρ - *havanın sıxlığı,*
A – *pər diskinin sahəsi*
r – *pərin radiusu*

Nəzarət olunan dəyişən B2, X_B oxu ətrafında dönmə-fırlanma momentidir. 4-cü pərin bucaq sürətini artıraraq və 2-ci pərin bucaq sürətini azaldaraq, X_B oxuna nəzərən müsbət istiqamətdə quadrokopterin fırlanmasına nail olmaq olur ki, bu da Y_B oxunun mənfi istiqamətində quadrokopterin düzxətli hərəkətinə səbəb olur. Bucaq sürətlərindəki fərqlər şaquli itələməni dəyişdirməyəcək şəkildə təyin olunur, yəni X_B oxu ətrafında dördbucaqlı fırlanma zamanı, quadrokopter fəzada yüksəklikdə istənilməyən dəyişikliklərə uğraya bilməz. Nəzarət edilən dəyişən U_2 tənliyi belədir.

$$U_2 = \tau_\phi = b\, l\, (\omega_4^2 - \omega_2^2)\;, \qquad (3.18)$$

Burada: l - quadrokopter ilə itələyici ox arasındakı məsafədir,
b – quadrokopterin aparıcı qüvvəsidir,
ω_2, ω_4 - ikinci və dördüncü pərlərin bucaq sürətləridir,

Nəzarət olunan dəyişən U_3, Y_B oxu ətrafında τ_θ fırlanma momentidir. 3-cü pərin bucaq sürətini artıraraq və 1-ci pərin bucaq sürətini azaldaraq, Y_B oxuna nəzərən müsbət quadrokopter fırlanmasına nail olunur ki, bu da X_B oxunun müsbət istiqamətində xətti quadrokopterin hərəkətinə səbəb olur.
Nəzarət edilən dəyişən U_3 tənliyi belə yaza bilərik.

$$U_3 = \tau_\theta = b\, l\, (\omega_3^2 - \omega_1^2)\ ; \qquad (3.19)$$

Nəzarət edilən dəyişən U_4, Z_B oxu ətrafında fırlanma momentinə meyillidir.Bir cüt pərin bucaq sürətini artıraraq (2-ci və 4-cü pərdə) və bir pərin bucaq sürətini (1-ci və ya 3-cü pərdə) azaldaraq, Z_B oxuna nisbətən müsbət fırlanma vəziyyətinə nail olunur. Bir cüt pərə (2-ci və 4-cü pərlərdə) saat əqrəbi istiqamətində, digər pərləri (1-ci və 3-cü pərlərdə) isə saat əqrəbinin əksi istiqamətində fırlanma hərəkəti verilir. Nəticədə fırlanmaya səbəbi olan Z_B ilə əlaqədar vəziyyət balanssızlığa səbəb olur.Bucaq sürətlərindəki fərqlər şaquli itələməni dəyişdirməyən bir şəkildə təyin olunur.

Nəzarət edilən dəyişən U_4 tənliyi

$$U_4 = \tau_\psi = d\, (-\omega_1^2 + \omega_2^2 - \omega_3^2 + \omega_4^2)\ ; \quad (3.20)$$

burada: d - tənliyə görə hesablana bilən sürtünmə qüvvəsidir.Aşağıdakı kimi hesablana bilər.

$$d = C_P\ \rho\ A\ r^3\ ; \qquad (3.21)$$

Burada: C_P – sürtünmə əmsalıdır.

Aerodinamik təsirləri nəzərə alsaq görərik ki, təsir qüvvələrinin və pərlərin fırlanma momentlərinin bucaq sürətlərinin kvadratı ilə düz mütənasibdir. Hərəkət vektoru $\mathbf{u}_B$ (ω) hərəkət matrisinin dəyişəni E_B ilə pərlərin bucaq sürətlərinin kvadratı ω^2 vektorunun hasili ilə ifadə olunur.

$$\mathbf{u}_B(\omega) = \mathbf{E}_B\,\omega^2 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ b & b & b & b \\ 0 & -b\,l & 0 & b\,l \\ -bl & 0 & bl & 0 \\ -d & d & -d & d \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \omega_1^2 \\ \omega_2^2 \\ \omega_3^2 \\ \omega_4^2 \end{bmatrix} \quad (3.22)$$

Ümumiləşdirilmiş qüvvə vektoru λ riyazi qiymətlərini (3.10) tənlikdən nəzərə alaraq, aşağıdakı şəkildə yaza bilərik.

$$\mathbf{M}_B\,\dot{\mathbf{v}} + \mathbf{C}_B(\mathbf{v})\,\mathbf{v} = \mathbf{g}_B(\varepsilon) + \mathbf{o}_B(\mathbf{v})\,\omega + \mathbf{E}_B\,\omega^2, \quad (3.23)$$

Nyutonun ikinci hərəkət qanununa əsasən

$\mathscr{F}^B$ tənliyinə (23) görə təcilləri hesablamaq üçün yenidən yaza bilərik.

$$\dot{\mathbf{v}} = \mathbf{M}_B^{-1}[-\mathbf{C}_B(\mathbf{v})\,\mathbf{v} + \mathbf{g}_B(\xi) + \mathbf{o}_B(\mathbf{v})\,\omega + \mathbf{E}_B\,\omega^2]. \quad (3.24)$$

3.8 Hibrid koordinat sistemində Nyuton-Eyler nəzəriyyəsi ($\mathscr{F}^H$)

Quadrokopter dinamikası tənliyi (24) $\mathscr{F}^B$ - yə nəzərən yazılmışdır. $\mathscr{F}^E$ ilə əlaqəli xətti sürət tənliklərindən və $\mathscr{F}^B$ – yə nəzərən bucaq təcili tənliklərindən ibarət olan $\mathscr{F}^H$ ilə əlaqəli dinamiki tənlikləri yenidən yazmaq faydalı ola bilər. Belə koordinat sistemində tənzimləmə ilə birləşərək xətti təcil dinamikasını göstərmək nisbətən asandır. Xüsusilə $\mathscr{F}^E$-də şaquli vəziyyəti göstərmək üçün əlverişlidir.$\mathscr{F}^H$ ilə əlaqəli ümumiləşdirilmiş sürət vektoru

$$\zeta = [\ \xi \ \ \omega^B\ ]^T = [\ \dot{X}\ \ \dot{Y}\ \ \dot{Z}\ \ p\ \ q\ \ r\ ]^T\ , \quad (3.25)$$

Matris şəklində $\mathscr{F}^H$ ilə əlaqədar quadrotor dinamikası

$$\mathbf{M_H}\ \dot{\zeta} + \mathbf{C_B}(\zeta)\ \zeta = \mathbf{g_H}\,(\varepsilon) + \mathbf{o_H}(\zeta)\ \omega + \mathbf{E_H}\ \omega^2, \quad (3.26)$$

Burada: $\dot{\zeta}$ - ümumiləşdirilmiş təcil vektorudur $\mathscr{F}^H$ nəzərən.

Sistemin ətalət matrisi $\mathscr{F}^B$ –yə nəzərən müəyyən edilən oxşar şəkildə təyin edilir. $\mathscr{F}^H$ ilə müəyyən edilmiş koriolis-mərkəzdənqaçma matrisi, xətti sürətlənmələrə təsir edən kəmiyyətləri istisna edir (çünki fırlanma $\mathscr{F}^B$ ilə yox), $\mathscr{F}^E$ ilə müəyyən edilir.

Qravitasiya vektoru $\mathscr{F}^E$ ilə müəyyən edilir, buna görə

qravitasiya qüvvəsi E oxu istiqamətində yalnız

komponentə təsir göstərir. Pərlərin fırlanması nəticəsində meydana gələn giroskopik təsirlər $\mathscr{F}^{B}$ ilə əlaqədar olaraq riyazi modeldə olduğu kimidir. $\mathscr{F}_{H}$ ilə müəyyən edilmiş hərəkət vektoru $\mathscr{F}^{B}$-də təyin olunandan fərqlidir.
İdarə olunan dəyişən U_1 fırlanma matrisi vasitəsilə hər üç xətti sürətləndirmə tənliyinə təsir edir. (26) tənliyini dəyişdirməklə $\mathscr{F}_{H}$ ilə əlaqədar ümumiləşdirilmiş təcil vektorunu hesablamaq olar.

$$\dot{\zeta} = M_H^{-1}[-C_H(\zeta)\,\zeta + G_H + O_H(\zeta)\,\Omega + E_H\,\Omega^2]. \qquad (3.27)$$

Bu düsturlar vasitəsilə rotorlu dronun nəzəri hesabatları aparılmaqla, konstruktiv ölçü parametrləri optimallaşdırılır ki, bu da kütləvi istehsal üçün əhəmiyyətli dərəcədə vacibdir.
Bu düsturlar vasitəsilə oxşar rotorlu multikopterlərin hesabatını aparmaq olar.

3.9 DRONLARIN RİYAZİ HESABATI

Dronların havada uçuş müddəti və faydalı tətbiqi əsas məsələlərdən biridir. Dronlar hərəkətverici enerji ilə (batareyalar və ya daxili yanma mühərrikləri ilə) tam təhciz edilib.

Dronların cərəyan batareyalarının ümumi gücü aşağıdakı kimi hesablana bilər.

$$P = J\,U\;; \qquad (3.28)$$

burada: *P – batareyanın ümumi gücü, W*
J – batareyanın cərəyan şiddəti, A
U – batareyanın sabit cərəyanı, V

Dronların havada uçuş müddəti aşağıdakı düsturla tapıla bilər.

$$t_u = \frac{\frac{P}{1000}}{m_{yük}} 60 \quad , \qquad (3.29)$$

burada: *t_u – dronun ümumi uçuş vaxtıdır, saat*
$m_{yük}$ – dronun ümumi uçuş yüküdür, N
P – dronun cərəyan batareyasının ümumi gücü, Wt

Dronun ümumi kütləsi aşağıdakı düsturla tapıla bilər.

$$m_k = m_ə + m_m N \quad , \qquad (3.30)$$

burada: *$m_ə$ - dronun əlavə avadanlıqlarının kütləsi, kq*
m_m – mühərrikin kütləsi, kq
N – mühərriklərin sayı,

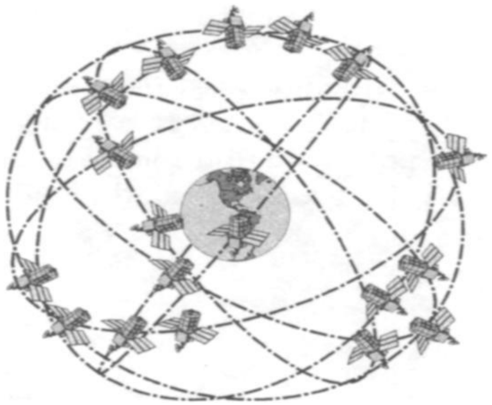
Dronun ümumi uçuş yükü aşağıdakı düsturla tapıla bilər.

$$m_{yük} = m_k g \quad , \qquad (3.31)$$

burada: *g– sərbəst düşmə təcilidir, g=9,81 m/san^2*
m_k – dronun ümumi kütləsidir.

4. GNSS – QLOBAL NAVİQASİYA PEYK SİSTEMİ

GNSS – qlobal bir koordinat sistemində yer məlumatlarını peyk ötürücü siqnalları ilə kosmosdan ötürməklə naviqasiya prosesini yerinə yetirir.



Şəkil 4.1 Peyklərin yer kürəsi ətrafında vəziyyəti

GPS sistemi – Amerka Birləşmiş Ştatları tərəfindən 1978 –ci ildə təməli qoyulmuşdur.1994 –cü ildə GPS – sistemi istifadəyə verilmişdir.

GPS - sistemi - dünyada dəqiq siqnal ötürülməsi ilə təmin edən radio-naviqasiya sistemi, günün 24 saatı ərzində 3 ölçülü məkan məlumatları (eni,uzunluğu, hündürlüyü) və hərəkətdə olan cismlər haqqında görüntülü informasiya çatdıransistemidir. GPS - ”Qlobal Yer Təyinatı Sistemi” mənası daşıyır. İnformasiya daşıyıcısı və əlaqələndiricisi NAVSTAR GSP peykidir. Bu sistem 32 peykdən ibarət olmaqla, 24 əsas və 8 əlavə peyklə əlaqələnib, yerə informasiya ötürür.

QLONASS sistemi – QLONASS qlobal naviqasiya peyk sistemi keçmiş Sovet İttifaqı tərəfindən hazırlanmışdır.1980 – ci ildə Rusiya Kosmik Qüvvələri tərəfindən hökumət QLONASS peyki kosmosda

yerləşdirmişdir.1995 –ci ildə QLONASS sistemi orbitdə fiziki aşınmaya məruz qalaraq sıradan çıxmışdır.2011 –ci ildə dekabr ayında QLONASS sistemi bərpa edilərək istifadəyə verilmişdir.

QLONASS sistemi - 27 peyk, 24 əməliyyatlardan və 3 ehtiyyat peyklərdən ibarətdir.Bu baza orbital müstəvidə işləməklə, ətrafını bərabər məsafədə 8 peyk əhatə edir.

QALİLEO sistemi – qlobal naviqasiya peyk sistemidir. Avropa ölkələri, Avropa Kosmik Agentliyi (ESA) tərəfindən 1990-cı ildə təməli qoyulmuşdur.İlk nəsil GNSS -1 , EGNOS proqramı ilə istifadəyə verilmişdir.
QALİLEO sistemin 2011-ci ildən 2-ci nəsli GNSS - 2 proqramı hal-hazırda istifadədədir.
QALİLEO sistemi 30 peykdən, 27 əməliyyatlardan və 3 ehtiyyat peykdən ibarətdir.

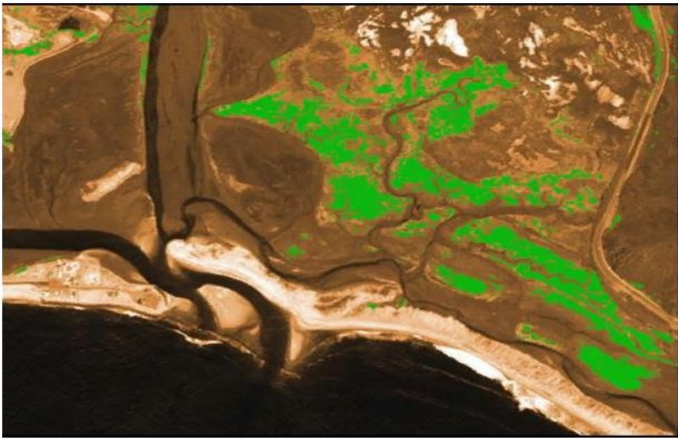
BeiDou sistemi – qlobal naviqasiya peyk sistemidir.Çin ölkəsi tərəfindən 2000 –ci ildən istifadəyə verilmişdir. Sistem 35 peykdən ibarətdir.

İRNSS sistemi – qlobal naviqasiya peyk sistemidir.Hind regional naviqasiya peyk sistemi olmaqla, 2015 –ci ildən istifadəyə verilmişdir.Sistem 7 peykdən ibarətdir.

QZSS sistemi – Yaponiya regional naviqasiya peyk sistemidir.Asiya –sakit okean regionu üzrə 2018-ci ildən istifadəyə verilmişdir.

4.1 GIS – COĞRAFİ İNFORMASİYA SİSTEMİ

Coğrafi İnformasiya Sistemi (GİS) peyk texnologiyaları, kənd təsərrüfatı məhsullarının istehsalında texnikalardan səmərəli istifadəsi üçün vizual görüntülər və səmərəli xəritələr tərtib etməklə, dəqiq əkinçiliyin aparılmasında köməkçi olur. GİS –nin peykdən çəkilən xəritələrdən kənd təsərrüfatında geniş istifadə edilir. Bu xəritələrdə əkin sahələri haqqında ümumi məlumatların toplanmasında, torpaq və bitki örtüyünün monitorinqi aparılır. Məhsul istehsalının səmərəli idarə olunmasına şərait yaradır.

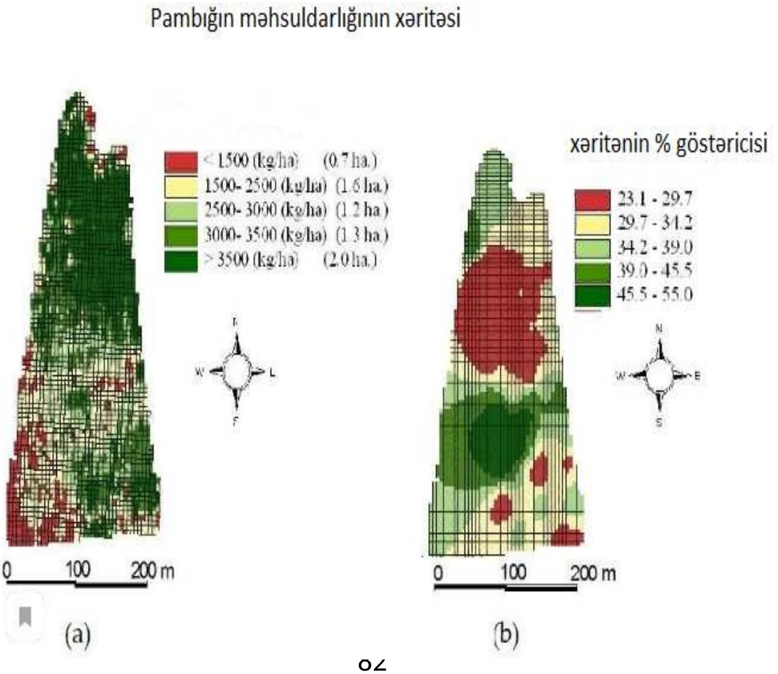


Şəkil 4.2 Peykdən əkin sahəsinin görüntülü fotoşəkili

4.2 GNSS- texnologiyası ilə çəkilən NDVI xəritələri

GNSS – texnologiyasın ilə aparılan vizual görüntülərin elekron qaydada xəritələşməsi NDVI xəritələri adlanır. Kosmosda olan bütün peyklərdə kamera və sensorlar quraşdırılmışdır ki, bu da yerdə olan görüntülü informasiyanı çəkərək yerə ötürür. Dron texnologiyasında olduğu kimi burada da multispektral və hiperspektral kamera və sensorlar var. Peyklər günəş enerjisi ilə təmin olunur. Peyklər üzərində mövcud olan sağ və sol qanadlar üzərində günəş panelləri yerləşdirilmişdir.NDVI xəritələri ARCGİS proqramları və digər proqramlar ilə qiymətləndirilir.

Pambıq sahəsindən çəkilmiş NDVI xəritəsinin qiymətləndirilməsi aşağıdakı kimidir.



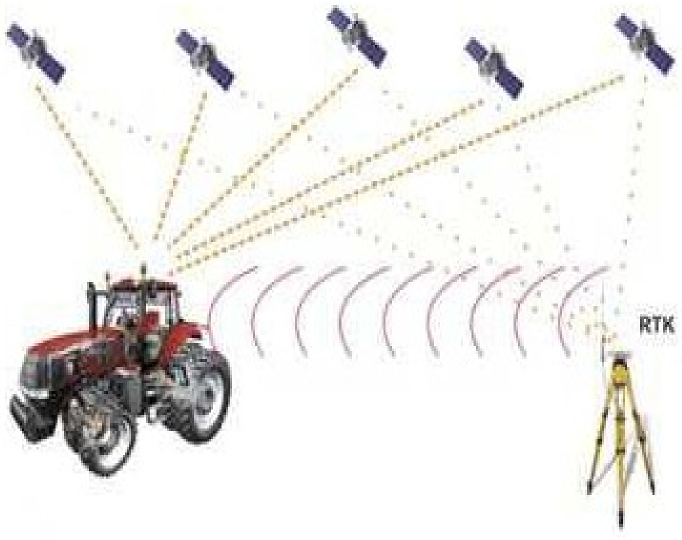
Şəkil 4.3 Pambıq sahəsində məhsuldarlığı səciyələndirən NDVI xəritəsi

4.3 RTK – Real Vaxt Kinematikası.

RTK – araşdırmaq və GNSS elektrodalğa-siqnalının artırılması bir texnologiyasıdır. GORS şəbəkələri ilə xüsusi geniş yayılmışdır.

RTK – qəbuledicilərin düzəliş siqnallarını qəbul etmək üçün istifadə edilir. Düzəliş siqnalı GPRS (CDMA/GSM) və ya radio (900/400 MHz) vasitəsilə qəbul edilir.

RTK – düzəliş siqnalını ötürmək üçün stansiya kimi istifadə edilə bilər. 30 km radiusunda 2 sm dəqiqliyi təmin edir. 10 km radiusunda isə 1 sm -ə qədər dəqiqlik olur.Təkrar dəqiq əkinçiliyə tam uyğundur.Wi-Fi çıxışı olan hər bir smartfon və ya tablet bu stansiyadan istifadə edə bilər.



Şəkil 4.4   RTK   qəbuledici (antenna)

RTK – qısa diapozonun boyunca istiqamətləndirərək çox yüksək dəqiqliyi təmin edir. Çıxış ölçmələrini və ya müşahidə düzəlişlərini bir başa rabitə kanalı vasitəsilə

uzaq məsafədə hədəfini qəbuledicisinə ötürən bir CORS şəbəkəsini əhatə edir. Bu əlaqələndiricinin daşıyıcı bazasının fərqli məlumatların, qeyri - müəyyənliklərin həll etməsinə və əlaqələndiricinin mövqeyinin koordinatlarının qiymətləndirilməsinə imkan verir.

4.3 PPP – Dəqiq nöqtə mövqe təyinatı.

PPP – GNSS sistemində baş verən xətaların aradan qaldırılmasında yalnız bir qəbuledicidən istifadə etməklə yüksək dəqiqliklə mövqe təyinatını təmin edən elektrodalğa-siqnalını artıran bir texnologiyadır. Dəqiq nöqtə mövqe təyinatı mövcud bütün GNSS – sistemlərindən istifadə edərək qlobal dəqiq mövqe təyinatı xidmətidir. PPP - dünyada yayılmış GNSS – sistemləri stansiyası şəbəkəsindən istifadə edərək dəqiq peyk orbitinin saat göstəricilərinin mövcudluğunu tələb edir. Dəqiq peyk mövqeylərini və saat göstəricisini ikili tezlikli GNSS qəbuledicisi ilə birləşdirərək, PPP santimetr səviyyəsində mövqe məlumatları təmin edə bilir.

5. AQREQATIN İDARƏEDİLMƏSİNDƏ GPS – SİSTEMİNİN TƏTBİQİ

Dünyada dəqiq əkinçiliyi tətbiq etmək məqsədilə 1998-ci ildən GPS – sistem texnologiyasının kənd təsərrüfatında aqreqatın idarə olunması üçün tətbiqi başlanıldı.
Qlobal Naviqasiya Sisteminin (GPS) kənd təsərrüfatına tətbiqi dünyada geniş yayılmışdır. Bunlar aşağıdakı əsas istiqamətlərdir.

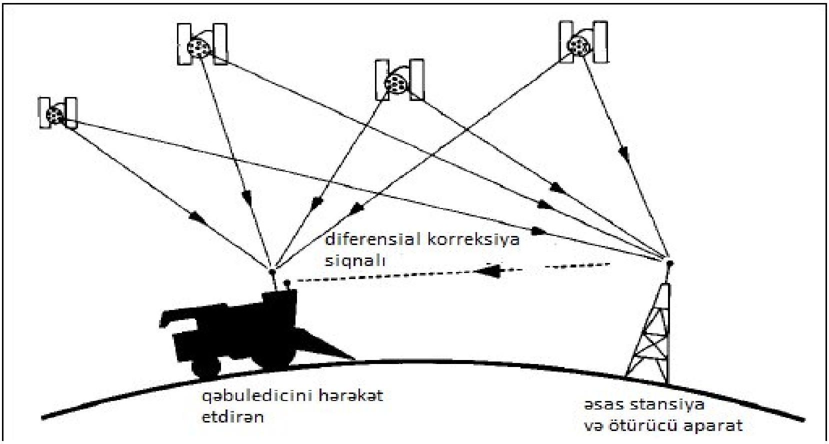
- *torpağın əsas və səpinqabağı becərilməsində*
- *məhsuldarlığın artırılması üçün texnoloji xəritələrin işlənməsində;*
- *toxum,ştil,ting əkinlərində;*
- *əhəng və gübrələrin sahəyə tətbiqində;*
- *sahələrin sığortalanmasında;*
- *suvarma sistemlərinin tətbiqində;*
- *tarla sərhədləri və yollarının ölçülməsində;*
- *zərərverici və xəstəliklərlə mübarizə tədbirlərində;*
- *məhsul yığımında;*
- *məhsulun, toxumun, gübrələrin və texnikaların daşınmasında;*

5.1 GPS sistemi ilə aqreqatın idarəedilməsi

GPS sistemi naviqatorlarla əlaqələnib, informasiya köməkçisidir. Naviqatorlar hər bir texnikanın üzərində quraşdırıla bilər. Naviqasiya sistemləri operatorlara məsafələri vizual qiymətləndirilməsinə, aparılan texnoloji əməliyyatların üst-üstə düşməsinin və təkrar gedişlərin qarşısını ala bilər. Bu texnologiya aqrokimyəvi maddələrə qənaət etməklə, enerji və əmək sərfini azaldır.

GPS naviqasiyasında tətbiq olunan trafikin dəqiqliyini artırmaq məqsədilə ildən-ilə yeni şəkildə trafikləri təkmilləşdirərək, tətbiq edirlər.

Kənd təsərrüfatı maşınlarının (traktor, kombayn, çiləyicilər, malalar və s.) idarəetməsinin avtomatlaşdırılması bir sıra amillərə əsaslanmalıdır.



Şəkil 5.1 Kombaynın idarəedilməsində GPS sistemi

Əsas amillərdən biri texnikanı xarici təsirlərdən qorumaq və texnoloji işi məqbul səviyyədə yerinə yetirərkən, operatoru davamlı sükan tənzimləmələrindən azad etməkdir.

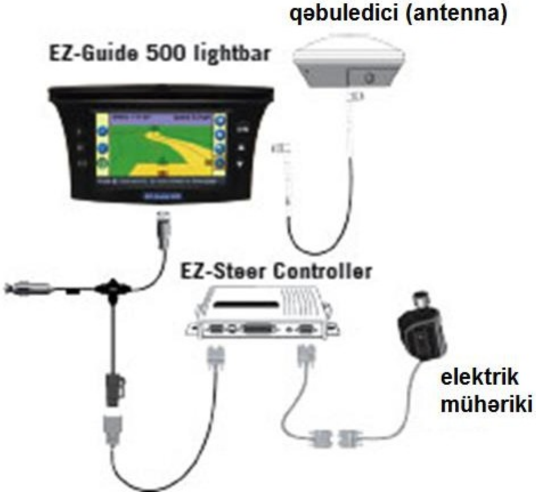
Kənd təsərrüfatı texnikalarını idarə edən operatorlar texnoloji əməliyyatları yerinə yetirərkən, texnoloji parametrləri, aqreqatın işçi en götürümü, idarəetmə funksiyaları, aqreqatın sürətinin həqiqi ölçüləri nəzarət monitorunda olan ölçülər ilə kəskin şəkildə fərqlənir. Bu tələbləri dəqiq yerinə yetirmək üçün operator aqreqatı

dəqiq idarəetməsi nəticəsində onun çox yorğunluğuna səbəb olmaqla, 82 %-ə nail olur.

GPS –sistemini tətbiq etmək üçün aşağıdakı cihazların olması və quraşdırılması zəruridir.

- *qəbuledici (antenna)*
- *naviqator*
- *sensor*
- *avtopilot idarəetmə NAV II*
- *hidravliki blok*

Şəkil 5.2 Naviqasiya ilə avtopilot idarəetmə sisteminin traktor üçün zəruri olan cihazları



Şəkil 5.3 Autopilot Motor Drive ® - qurulma sxemi

5.2 Torpağin əsas və səpinqabaği becərilməsi

Torpağın əsas və səpinqabağı becərilməsinə şumlama, üzləmə, kultivasiya, malalama, diskləmə, vərdənələmə, survarma şəbəkələrinin açılması və s. daxildir. Bu texnoloji əməliyyatların aparılmasında traktorun hərəkət sürəti və sürümün seçilməsi üsulu onun məhsuldarlığına təsir etməklə işin keyfiyyət göstəricilərinə təsir edən əsas amillərdən biridir.

GPS – sistemi ilə sahədə aparılan əməliyyatları planlaşdıraraq, avtopilot rejimi ilə becərilən sahənin sərhədlərni,sürümün düz xətt boyunca hərəkəti,təkrar gedişlərə və əməliyyatların bir-birini örtmə xətalarına yol verilməməsi, eyni zamanda yanacaq və əmək sərfinə

qənaət edilməsi nəticəsində məhsulun maya dəyərinin aşağı düşməsinə səbəb olur.

Şumlama. Şum dərinliyindən meyletmə 1-2 sm olmaqla, torpaq çevrilməklə, xırda hissəciklərə qədər ovxalanmaqla aparılır. Şumun səthində çox dərin şırımlar və çox böyük təpəciklər yaranmır. Şumlanmamış sahə qalmır. Bütün sahə eyni ölçüdə, bərabər səviyyədə şumlanır.

Kultivasiya. Torpağı bərabər ölçüdə 6...16 sm dərinlikdə yumuşaltmaqla, xırda ölçülü kəltənlər alınır. Başdan – başa kultivasiyanı yumşaldıcı və oxvari pəncələrlə aparırlar. Becərilmə dərinliyindən ± 1 sm meyl etməyə yol verilir. Kələ-kötürlüyün hündürlüyü 4 sm –dən çox olmur.

Kultivasiyanın əsas göstəriciləri aşağıdakılardır.

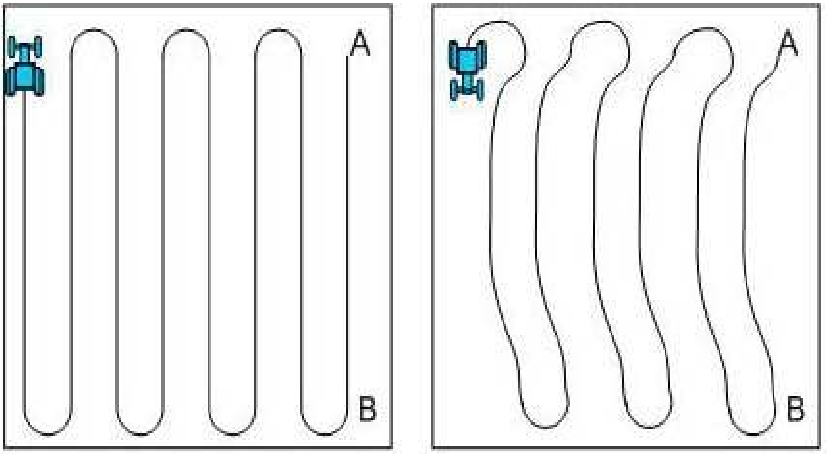
- *becərilmə dərinliyi;*
- *səthin kələ-kötürlüyü;*
- *alaqların kəsilmə dərəcəsi.*

Malalama. Malalar torpağı bərabər ölçüdə 5 ...8 sm dərinlikdə yumşaldaraq, kəltənləri dağıdır. Malanın gedişindən sonra kəsəklərin ölçüsü 5 sm-dən böyük olmalı deyil. Kələ-kötürlük və çıxıntıların hündürlüyü 3 sm -ə qədər ola bilir.

Vərdənələmə. Nəm torpaqları vərdənələrlə çox kipləşdirmək olmaz. Həlqəli – mahmızlı vərdənələrlə torpağı vərdənələyərkən sahənin səthində yumşaldılmış, narın qat əmələ gəlməlidir.

Normal nəmlikdə torpaqlarda vərdənənin gedişindən sonra kəsəklərin ölçüsü 2-3 sm–dən az olmalıdır. Buraxmalar, xətalar və qeyri hamarlıq olmalı deyil.

Göstərilən aqrotexniki tələblərdən göründüyü kimi sahə bərabər dərinlikdə becərilmə əməliyyatları tam aparılmalıdır. Bu tələbləri tam dəqiq yerinə yetirmək mümkün olmadığı üçün traktorçunun üzərinə böyük məsuliyyət düşməklə, sahədə sürüm zamanı tez-tez sükan tənzimləmələr yerinə yetirir ki, bu da onun çox yorğunluğuna səbəb olur. GPS –sistemi ilə göstərilən aqrotexniki tələblər tam dəqiq yerinə yetirildiyi üçün dəqiq əkinçilik üçün əlverişlidir.



a) b)

Şəkil 5.4 a) GPS sistemi ilə avtopilot sürüm,
b) traktorçunun apardığı sürüm

Sahədə faydalı vaxtdan istifadə üçün hesablamalar apara bilərik. Belə ki sahə maşın indeksi (FMİ) aşağıdakı kimi hesablana bilər.

$$FMİ = \frac{T_f - T_s - T_r}{T_f - T_s} \cdot 100\ \% \qquad (5.1)$$

Burada: T_f - ümumi sahədə vaxt;
T_s – ümumi texnoloji iş vaxtı;
T_r – ümumi dönmə vaxtı;

Sahə maşın indeksi nə qədər yüksək olarsa, aqreqatın faydalı istifadəsi artıq olar. GPS –sisteminin tətbiqində 95 % -ə nail olmaq olur.

5.3 Toxum səpini

GPS –sisteminin avtopilot idarəetmə rejimi ilə toxum səpinində səpiləcək sahənin əvvəlcədən təyin edilməsi, sərhədlərin, cərgələrin və səpin üsulunu nəzərə alaraq,toxum səpən aqreqatının sürüm üsulu seçilir. Toxumsəpən aqreqata quraşdırılmış sensorlar bunkerdə toxum səviyyəsinə, toxumun basdırılma dərinliyinə nəzarət edərək, məlumatları naviqatora siqnal vasitəsilə ötürür. Hidravlikisistem vasitəsilə toxumun basdırılma dərinliyini nizamlamaq mümkündür. GPS –sistemi vasitəsilə naviqatorda avtomatik idarəetmə rejimində torpağın bərkliyini nəzərə alaraq,avtomatik dərinliyi nizamlayan datçiklər nəzarət edir.Toxumlar eyni dərinlikdə basdırılmaqla, cərgələr arası bərabər olur. Toxumun çıxış itkisinin qarşısını almaqla, əkin sıxlığı olmur. Bitkilərdə seyrətmə işlərinə ehtiyac qalmır. Aqreqatın sürəti sabit olduğu və bir düz xətt boyunca

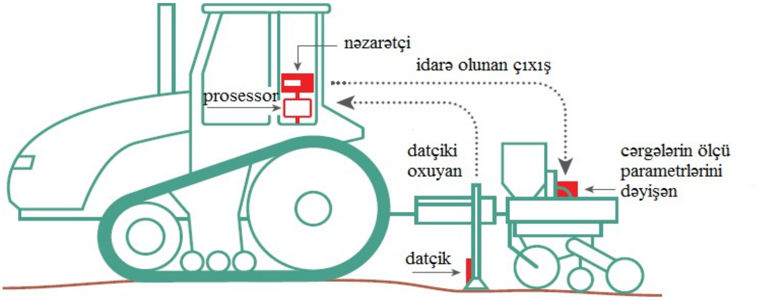
istiqamətləndiyi üçün cərgələr düz olmaqla, aqrotexniki qaydalara tam cavab verir.

Aqreqatın məhsuldarlığı $W = \tau B V$ (5.2)

burada : τ – *vaxtdan istifadə əmsalı*
B – en götürümü
V – aqreqatın sürəti

Bu düsturdan aydın görünür ki, toxum və gübrə bunkerinə datçiklərin nəzarəti, vaxtdan istifadə əmsalına təsir etməklə, məhsuldarlığa təsir edir. Eyni zamanda sürəti avtopilot rejimi sabit saxladığı üçün bu da öz növbəsində məhsuldarlığa təsir edir. Aqreqat səpin əməliyyatını keyfiyyətlə yerinə yetirir. Əsas və qovuşan cərgəaraları məsafəsini qorumaqla, toxum səpini təkrar aparılmır. GPS –sistem texnologiyası dəqiq səpin üsulunu və keyfiyyətli innovativ texnologiyaları tətbiqi üçün toxum, səpinlərdə əlverişlidir.

Toxumun 20-30% itkisinin qarşısını almaqla, sahədə bitkinin bərabər məsafələrdə, bərabər dərinlikdə əkilməsiləbitkinin inkişafı üçün torpaqdan qida və su tələbatını yaxşı mənimsəyə bilməsidir.



Şəkil 5.5 GPS –sistemi ilə toxum səpini

GPS–sistemi ilə səpinin keyfiyyət göstəriciləri aşağıdakılardan ibarətdir.

- *bir hektara verilmiş toxum normasının düzgün səpilməsi;*
- *bütün səpici aparatların bir bərabərdə səpməsi;*
- *toxumun verilmiş dərinlikdə basdırılması;*
- *əsas və qovuşan cərgəaralarının sabit qalması;*
- *cərgələrin düzxətli olması;*
- *səpilməmiş yerlərin qalmaması;*
- *kvadrat-yuva üsulu ilə səpində kvadratların düzgün alınması.*

Şəkil 5.6 Naviqatorda əkin sxemi

Səpinin keyfiyyətinə toxumlar tamam cücərəndən sonra qiymət verilir və aşağıdakılar nəzərə alınır.

- *boş, səpilməmiş yerlərin və təkrar səpinin olmaması;*
- *bitkilərin qidalanma sahəsinin düzgün paylanması;*
- *yuvada bitkilərin miqdarının təxminən bərabər olması.*

GPS –sistemi ilə aparılan səpin bu tələbləri tam dəqiq yerinə yetirdiyi üçün dəqiq əkinçilikdə məhsuldarlıq həmişə yüksək olur.

5.4 Gübrələmə

Mineral gübrələri torpağa verilməsi 2 üsulla aparılır. Torpağın başdan-başa becərilməsində bərk halda,bitkinin vegetasiya dövründə isə qidalandırmaq üçün maye və bərk halda verilir.

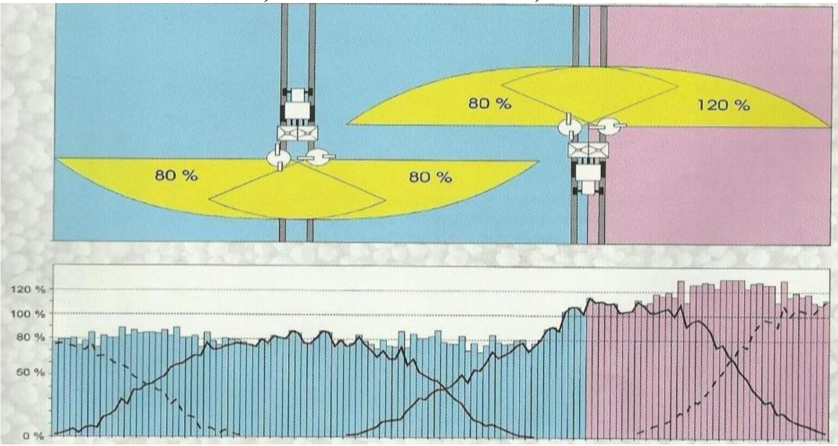
Bütün dünyada əsas problem gübrənin səpilməsi zaman qeyri-bərabər səpin və ekoloji vəziyyətin pozulmasıdır.Belə ki,bir çox inkişaf etmiş ölkələrdə bu sahənin mexanikləşdirilməsinə böyük yer verilmışdır.Bu istiqamətdə bir çox gübrəsəpən maşınlar və avadanlıqlar istehsal olunmuşdur.Ancaq bu sahədə yenə də gübrənin dəqiq səpilməsi torpaqda bərabər paylanması problem olaraq qalmaqdadır.

Ölkəmizə "Aqrolizinq" yolu ilə müasir "AMAZONE ZA-M MAX" mineral gübrəsəpən maşınları gətirilmişdir. Bu maşınlar Almaniya istehsalı ilə yüksək texnologiya əsasında yaradılmışdır.İşçi en götürümü 10 metrdən 36 metrə qədər olmaqla, gübrəni torpağın üzərinə səpələyir. Gübrənin verilməsi üçün maşında nizamlayıcı qol mövcuddur. Eyni zamanda işçi en götürümünü nizamlayan vaxt işçi sürəti düzgün seçmək lazımdır.Hərəkəti gübrəsəpən maşının işçi hissəsi səpən disklər, traktorun gücayran valından aldığı üçün traktorun işçi hərəkət sürəti V_i nəzəri sürətlə V_n fərqli olduğundan, disklərin fırlanma sürəti isə sabit olduğu üçün gübrənin torpağa səpilməsi bərabər olmayacaqdır.

Hissəciklər fırlanan diskin üzərinə bütöv axınla töküldüyü üçün r_0 – səpilmə radiusunun qiyməti onların hər biri üçün müxtəlif olacaqdır. Ona görə gübrənin disk

üzərindən ayrılması dəyişkən qövs boyunca yerinə yetirilir, onların sahə səthi ilə paylanması ilə dəyişkən qövsün trayektoriyasının bir hissəsinə müvafiq olaraq təyin olunur.Təcrübələr göstərir ki,bu qövsə müvafiq gələn bucağı θ = 72º ...150º bərabər olur.Başqa cür desək diskə verimin yerini dəyişmiş olsaq,onda aqreqatın en götürümü boyunca gübrənin paylanması dəyişəcəkdir.

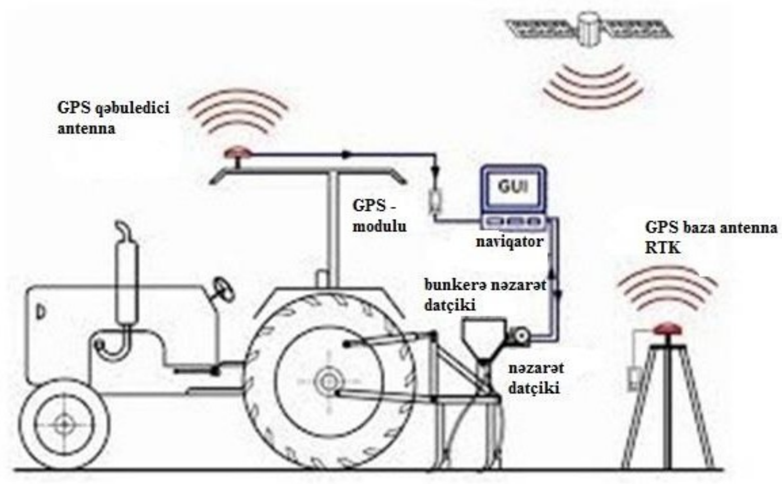
a). b)



Şəkil 5.7 Mineral gübrəsəpən maşının səpələnmə trayektoriyası

a) GPS – sistemi ilə səpin trayektoriyası
b) Adi səpin trayektoriyası

GPS –sistem texnologiyası ilə sahənin gübrələnməsi yuxarıda göstərilən mənfi amilləri aradan qaldırır.Belə ki, aqreqat sabit sürət almaqla, gübrənin səpələnməsinin işçi sahəsi bir-birinin üstünü örtmə dərəcəsi baş vermir.Gübrənin sahədə qismən bərabər paylanması təmin olunur.Eyni zamanda nəzarət sensorları gübrə səviyyəsinə nəzarət etməklə, bunkerin doldurulması vaxtına qənaət edilir ki, bu da ümumi məhsuldarlığı artırır.



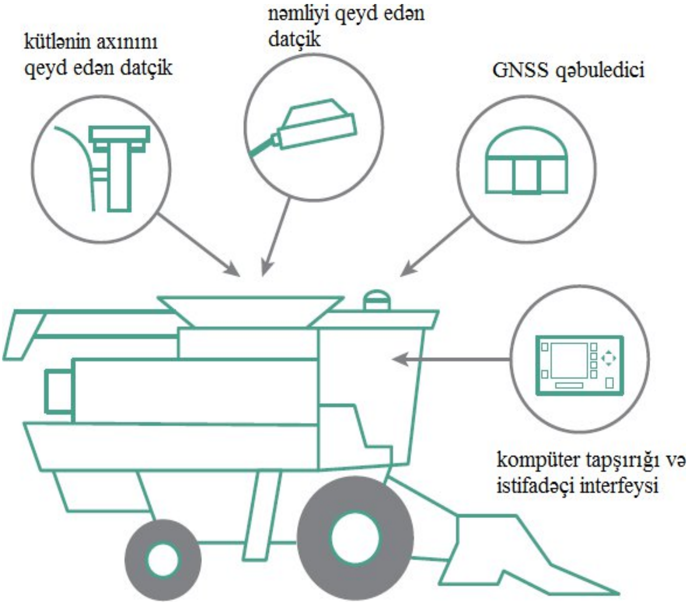
Şəkil 5.8 Gübrələmə zamanı naviqasiya sistemin cihazları

5.5 Məhsul yığımı

Dənli bitkilər istehsalında məhsulun yığılması ən məsul, böyük diqqət və gərgin əmək tələb edən prosesdir. Bu dövrdə ən mühüm məsələ məhsulu vaxtında və itkisiz yığmaqdır.

GPS –sistem texnologiyasından istifadə edərək, dənli bitkilərin yığılması, kombaynçı üçün həm rahat, həm də ki məhsulu itkisiz yığılmasıdır. Dənli bitkilərin məhsuldarlığına təsir edən əsas amillərdən biri də zəmidə yığım zamanı olan itkilərdir.İqlim şəraiti istisna olmaqla, kombayının seçdiyi sürümün növü, istiqaməti, sürəti, məhsulun dolması və nəqliyyat vasitələrinə yükləmə vaxtı kombaynın məhsuldarlığına təsir edən əsas amillərdəndir.GPS –sistemi ilə yığılan məhsulun dolma

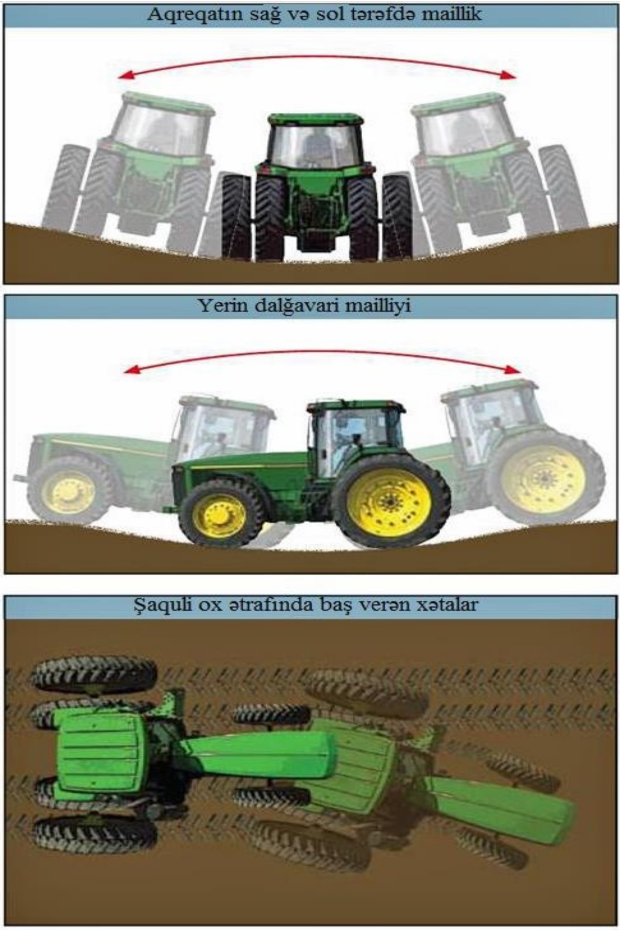
anı, kombaynın sürətinin sabit olması və sürüm növünün düzgün seçilməsi və hərəkət istiqaməti bir düz xətt boyunca olduğu üçün məhsul itkisi çox az,məhsuldarlıq isə yüksək olacaqdır.



Şəkil 5.9 GPS –sistemi ilə yığımda nəzarət sensorları

5.6 Yamaclarda GPS – sisteminin tətbiqi

Yamaclarda kənd təsərrüfatı maşınlarının hərəkət dinamikasına nəzarət etmək çətinləşir. GPS antenna yeri maillik dərəcəsindən asılı olaraq, mərkəzi vəziyyəti dəyişir.



Şəkil 5.10 Aqreqatın maili yerlərdə vəziyyəti

Bir yamac boyu hərəkət edən aqreqatın üzərində olan GPS antenna üfüqi mövqeyi mərkəzə nisbətən enir.Aqreqatın idarəetmə vəziyyəti yamaclarda sürüşməli hərəkətə uğrayaraq, xətalar baş verir. Müasir texnikalarda mailliyi kompensasiya etmək üçün sistemlərə giroskoplar, akselerometrlər və ya əlavə GPS antenaları quraşdırırlar. Az mailliyi olan sahələrdə ərazi - kompensasiya modulları

traktor və kombaynlar üzərində quraşdırılır ki, bu da 5 ° -yə qədər olan mailliyi kompensasiya edir.

Sahənin mailliyini nəzərə alaraq, məhsul istehsalçıları GPS – sisteminin köməkliyi ilə əməliyyatları apararaq, dəqiq əkinçiliyi tətbiq edə bilərlər.

5.7 NAVİQATORLAR

Naviqatorlardan istifadə etmək üçün naviqasiya sisteminin aktivləşməsi üçün naviqatora SMS – kartı və SD –yaddaş kartı daxil edilməlidir.

Ölkəmizdə Azərsell, Baksell və Narkart operator şirkətləri fəaliyyət göstərir.Bu operatorlardan istifadə etmək olar.Eyni zamanda SD – yaddaş kartı mobil telefon kartlarından da modelinə uyğun olaraq, istifadə edilə bilər.

Yuxarıda göstərilən kartlar daxil edildikdən sonra aktivləşdirmə rejimi qoşulmalıdır.

Naviqatorlardan istifadə etmək çox asandır.Kompüter bacarıqlarından asılı olmayaraq,hər kəs GPS naviqasiya sistemindən istifadə etməyi öyrənə bilər.Sistemi cəmi 30 dəqiqəyə hər kəs öyrənə bilər.

İnCommand 800™ – markalı naviqator 8,4 düyüm ölçülü həssas sensor tipli monitoru AgLeader adlı displeyidir.Bu naviqatorlardan toxum səpinlərində,

gübrələmə, çiləmə və məhsul yığımında istifadə etmək olur.Bu naviqator (OnTrac 3TM) və ya hidravliki idarəetmə (SteerCommandTM) ilə avtomatik sükan idarəedilməsini dəstəkləyir.

Şəkil 5.11 İnCommand 800TMmarkalı naviqator

Bu naviqator dəqiq əkinçilik üçün mükəmməl bir bazadır. Belə ki, kənd təsərrüfatı maşınlarına nəzarət edilə bilər.

Dəyişən nisbətdə olan parametrləri (VRA) istifadə etmək üçün Agro Office alətlər panelindən daxil etməklə, sahənin hər bir hissəsində avtomatik olaraq,münasib işçi sürəti seçib tətbiq edə bilər.

Bu naviqatorun aşağıdakı xüsusiyyətləri var.

- *sahənin 1 – 3 % xətası olmaqla, xəritəçəkməsi;*
- *4 -ə qədər izləmə kamerasının dəstəklənməsi;*
- *avtomatik sahəyə nəzarət etməsi, AutoSwath™;*
- *2,4...25 sm - ə qədər ölçmə dəqiqliyi*
- *AgFiniti vasitəsilə kompüterə simsiz məlumatların ötrülməsi*

İnCommand 1200 - son nəsil texnologiyası əsasında olub, məhsul istehsalında torpağın becərilməsindən son məhsul yığımınadək istifadə edilir.12,1 düyüm HD rəngli monitordan ibarətdir.Dəqiq əkinçilikdə tətbiq edilir.Monitorun adı AgLider-dir.İnCommand 1200 naviqatoru aqreqatı tam idarəedə bilməklə, məhsuldarlığını izləyə bilər.Naviqasiya sisteminə daxil olmaqla, əkin populyasiyasını izləyə və əkin ölçü parametrləri haqqında ətraflı məlumatlar əldə oluna bilər.Eyni zamanda sahədə toxum səpinində və səpildiyi zaman izlənilə bilər.Hidravliki sistemin köməyi ilə əkin dərinliyini də idarə edə bilər.Bu yolla əkin parametrlərini dəqiq yerinə yetirilməsinə nail olmaq olar.

Şəkil 5.12 İnCommand 1200 markalı naviqatoru

İnCommand 1200 OptRx – məhsul datçiklərini və optik görünüşü dəstəkləyir.Sahənin hibrid izləməsi ilə monitorinqinin məhsuldarlığını artırır.Sahələrdə ətraflı məlumatları o cümlədən əkin xəritələri,tətbiqi xəritələr, NDVİ xəritələri və məhsul yığımı xəritələri əldə etmək mümkündür.Bu məqsədlərlə tətbiq olunan xəritələri vaxtında təhlil etməklə qərarlar qəbul edilə bilər.

Aşağıdakı imkanları vardır.

- *hibrit xəritəçəkmə (1-3% xəta)*
- *sahəyə nəzarət,əməliyyatların üst-üstə düşməməsi və ya boşluqların qarşısını almaq*
- *bitki örtüyünün monitorinqi*
- *toxumun dərinliyinə nəzarət*
- *texnoloji əməliyyatlara tam nəzarət etmək üçün 8 datçikin qoşulması*

Aşağıdakı xüsusiyyətləri vardır.

-monitoru 12,1 düyüm rəngli HD ölçüdə
-paralel idarəetmə OnTac3™ və ya Steer Command avtomatik sükan tənzimləmə
-dəqiqlik səviyyəsi 2,4...25 sm qədər
-sahəyə avtomatik nəzarət

Compass – markalı naviqatorun AgLider adlı monitordan ibarətdir.Monitorda əsas düz xətlər çəkilmişdir ki, bu da naviqasiya ilə avtomatik sükan idarəedilməsi üçün hazırlanmışdır.Compass naviqatoru OnTrac3™ elektrik mühərrikinin avtomatik idarəetmə sistemi və Steer Command hidravliki sisteminin avtomatik idarəedilməsi

üçün tam uyğundur.Kompakt dizayna görə salonda çox yer tutmur.

Aşağıdakı əsas əməliyyatlara nəzarət edə bilər.

- *gübrələmədə*
- *aqrokimyəvi maddələrin çilənməsində*
- *əkində (toxum,ting,ştil)*
- *torpağın səthinin hamarlanmasında*
- *sahənin xəritələşməsində*
- *əkin sahəsinin sərhədlərinin təyin edilməsində*

Xüsusiyyətləri

- *monitoru 7 düyüm ölçüdə*
- *LED naviqasiya paneli*
- *OnTrac3 və Steer Command avtomatik sükan idarəetməsi*
- *İSOBUS uyğun tətbiq etmələr üçün virtual terminal*
- *kadastr xəritələrinin daxil olmasının tam dəstəklənməsi*
- *dəqiqlik səviyyəsi 2,4...25 sm*

5.8 GPS – qəbuledicilər i (antenaları)

GPS – qəbul ediciləri LEADİNG – GLASS GNSS texnologiyası olub, naviqasiya sistemində siqnal əlaqələndirmələri yerinə yetirir. Diferensial düzəlişlər əsasında aqreqatda olan naviqatora ötürücülüyü təmin edir.GPS – qəbul ediciləri modellərinə görə texniki parametrləri müxtəlif olur.

GPS 6000 – qəbuledicilərin texniki səciyyəsi aşağıdakı kimidir.

- *WAAS – EGNOS 15…30 sm arasında dəqiqlik diferensial düzəliş siqnalını dəstəkləyir*
- *QLONASS standartı dəstəkləyir*
- *simulyasiya edilmiş 10 Hz tezliyinə qədər siqnal çıxışı dəstəkləyir*
- *GLİDE texnologiyası əsasında dəqiqlik səviyyəsini yerinə yetirir*

Şəkil 5.13 GPS 6000 qəbuledici (antenna)

GPS 6500 – qəbuledicilərinin texniki səciyyəsi aşağıdakı kimidir.

- *EGNOS 15...30 sm arasında dəqiqlik düzəliş siqnallarını dəstəkləyir*
- *Terrastar C – təkrarlana bilən dəqiqlik səviyyəsi 4 sm –dir*
- *RTK – təkrarlana bilən dəqiqlik səviyyəsi 2 sm-dir*
- *QLONASS standartı dəstəkləyir*
- *simulyasiya edilmiş 20 Hz tezliyinə qədər siqnal çıxışını dəstəkləyir*

- *naviqasiya sistemi kəsildikdə düzəliş dəqiqliyi GLİDE texnologiyası ilə yerinə yetirilir*
- *StableLos TM – texnologiyası düzəliş siqnalı müvvəqqəti itirilməsi zamanı dəqiqlik səviyyəsində sükanın idarəedilməsini təmin edir*

Şəkil 5.14 GPS 6500 qəbuledici (antenna)

5.9 Avtopilot sükan idarəetmə cihazlari

Nəqliyyat vasitələri daxil olmaqla, traktorlara və kombaynlara avtopilot sükan idarəetmə cihazı quraşdırılır. Naviqatorla əlaqələnən bu cihaz avtopilot rejimi ilə elekron siqnal ötürməklə sükan tənzimləmələrini yerinə yetirir.

Autopilot Motor Drive ® - bu markada olan avtopilot sükan idarəetmə cihazı traktorların sükan idarəetmə mexanizmilərinə asanlıqla qoşulur.Avtomatik idarəetmə naviqasisında ən yüksək dəqiqliyi təmin edir.Bu cihaz idarəetmə sükanına quraşdırılmış elektrik mühərrikindən və NAV III modulu ECU sistemindən ibarətdir.

Bu cihaz sürücünün yorğunluğunun qarşısını almaqla, səssiz idarəetməni dəqiq yerinə yetirir.

Autopilot Motor Drive ® - sahədəki texnoloji əməliyyatları tez yerinə yetirilməsində yardımçı olmaqla, sürücünün tez-tez sükan tənzimləmələrindən azad edir.Bu cihazı deaktiv etdikdə, sükanı əvvəlki kimi əl ilə idarəetmək mümkündür.

Şəkil 5.15 Autopilot Motor Drive ® cihazı

Trimble hidravliki avtopilot - bu cihaz traktorun hidravliki sükan sisteminə bir-başa quraşdırılır. NAV III Brain sahədə optimal hərəkətin sükan tənzimləmələrini yerinə yetirir. Əkin cərgəsi boyunca bütün texnoloji əməliyyatların aparılmasında əlverişlidir. Avtopilot rejimdə yüksək dəqiqliyi yerinə yetirir. Bu cihaz sürücünün yorğunluğunu azaltmaqla, bir neçə texnoloji əməliyyatların aparılmasında, sürümün bir düz xətlə aparılması və əkilmiş bitkilərin mexaniki zədə almasının qarşısını almış olur.

Şəkil 5.16 Trimble hidravliki avtopilot cihazı

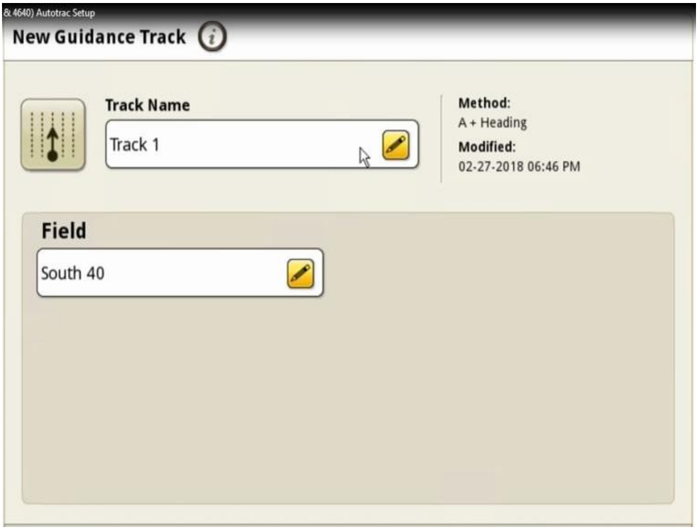
Sükan tənzimləmələrində **Trimble – Ez – Steer**, **Trimble Ez – pilot** və s. markalı cihazları vardır.Bunlar bir-birinə oxşar olsalar da texnoloji parametrlərin ölçü qiymətlərində fərqlənirlər.

5.10 Naviqatorlarda avtomatik idarəetmə rejiminin qoşulma ardicilliği

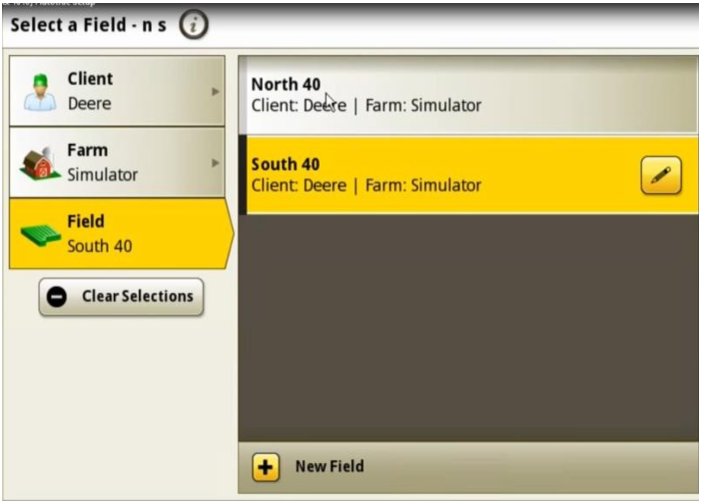
Kombaynlarda və traktorlarda mövcud olan naviqatorların avtomatik GPS – sistemi ilə idarə edilməsinin nizamlama ardıcıllığı aşağıdakı kimidir.

1 – ci mərhələdə monitorda sürümün gediş üsulu seçilir

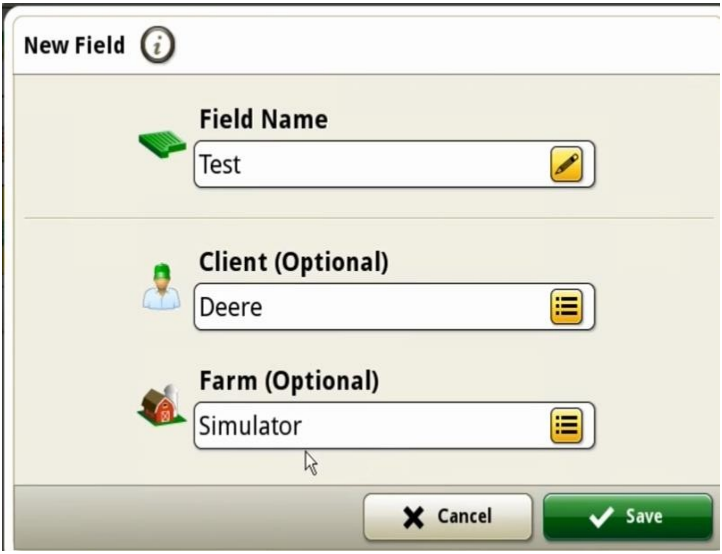
2– mərhələdə izləməyə istənilən ad verin



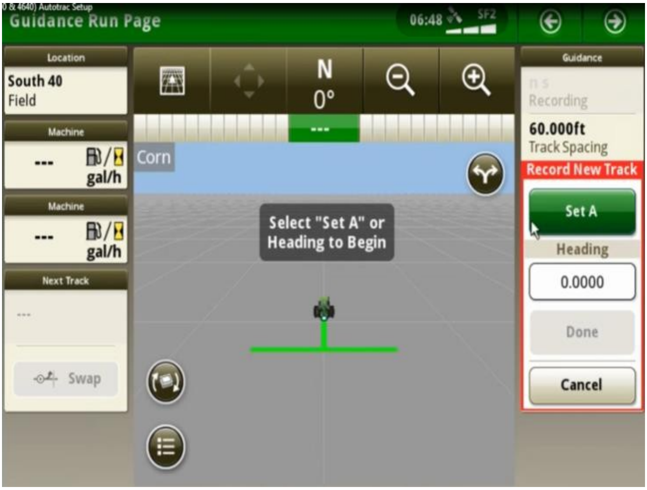
3 – cü mərhələdə əməliyyat aparılan sahəyə ad verilir və yaxud təkrar varsa seçilib,daxil edilir.



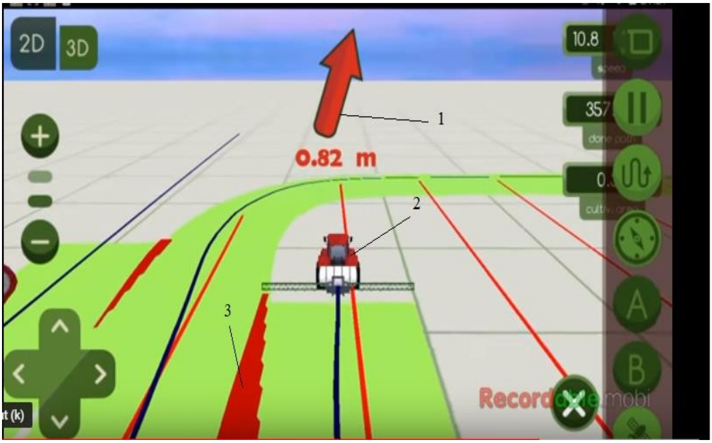
4 –cü mərhələdə yeni sahə,müştərinin adı,fermerin adı



5 – ci mərhələdə SET A düyməsi ilə naviqasiya sistemi aktivləşdirilir.



Bu mərhələlər sona çatdıqdan sonra aqreqatın sahədə hərəkəti,apardığı texnoloji əməliyyat monitorda əks olunmaqla,avtomatik izləmə aparılır.



Şəkil 5.17 Naviqatorda əks olunan göstəricilər
1 – istiqamət verən ox, 2 – aqreqat, 3 – işçi sahənin təkrarlanması (sərhədi keçmə)

Şəkil 5.18 Naviqatorda əks olunan göstəricilər
1 – sürümün sonunu göstərir, 2 – aqreqat, 3 – təkrarlanan əməliyyat

5.11 "GPS – server.net" xidmətindən dəqiq əkinçiliyə tətbiqi

GPS–server.net Qlobal Naviqasiya Sistemi texnologiyasından istifadə edərək, dəqiq əkinçilikdə tətbiq olunur. GPS–server.net izləmə sistemi ilə əlaqələnmiş GPS texnologiyası real vaxt ərzində dəqiq mövqe məlumatların toplanmasına və toplanmış məlumatların səmərəli idarə edilməsinə və təhlilinə əsaslanır.
GPS–server.net xidmətindən dəqiq əkinçiliyində sahənin planlaşdırılması, texnoloji xəritələrin işlənməsində və traktor, kombaynların idarə edilməsi üçün istifadə edilə bilər. Belə xidməti məlumatlar fermerlərə məhsul istehsalını artıra biləcək təmiz məhsul strategiyasına nail olmağa imkan verir.

GPS-server.net proqram təminatı və GPS texnologiyası yağış,duman – çən və qaranlıq kimi pis görmə şəraitində

rahat işləməyə kömək edir. Daha dəqiq iqtisadi cəhətdən səmərəli və istifadəsi çox asan olan sistem kənd təsərrüfatının sürətlə inkişafına təkan verir.

Bu xidmətdən istifadə etməklə, GPS izləmə sisteminin köməyi ilə fermerlər öz sahələrini mikromanej etməklə yararlana bilərlər. Dəqiq əkinçilikdə bu sistem təkcə böyük kapital qoyuluşu və təcrübəsi olan böyük təsərrüfatlar üçün deyil, həm də yeni təsərrüfatçılıqla məşğul olanlar və kiçik,orta təsərrüfatlı fermerlər bu sistemdən istifadə edə bilərlər.

GPS-server.net izləmə sistemindən istifadə xərci ucuz xüsusiyyətləri zəngin və istifadəsi isə çox asandır.GPS – avadanlıqları məhsul istehsalçıları və fermerlər üçün dəqiq əkinçilik fəaliyyətlərində daha məhsuldar və səmərəli olmalarına kömək etmək üçün hazırlanmışdır.Bu xidmətdən istifadə etmək üçün android proqram təminatı ilə işləyən mobil telefonlarla da qoşulmaq olar.Bu saytda da şəxsi kabinet yaradılması və pul ödənilməsi tələb olunur.Bu saytın proqram təminatını öyrənmək məqsədi ilə demo (pulsuz) versiyasından yararlanmaq olar.

6. GPS – SİSTEMİNDƏ DİFERENSİAL DÜZƏLİŞ DƏQİQLİYİ.

Təkmilləşmiş naviqasiya sistemləri dəqiqlik səviyəsi diferensial düzəliş əsasında keyfiyyət nümayiş etdirir.Dəqiqlik səviyyəsi artıqca istifadə xidmətinin xərcidə artır.Bu naviqasiya sistemləri 3 kateqoriya ilə təsnif edilir.

1. Submetr dəqiqliyi
2. Dekimetr dəqiqliyi
3. Santimetr dəqiqliyi

Submetr dəqiqliyi - 2 futdan 4 futa qədər xəta ola bilər.Ötürücü dayaqlardan,geniş ötürmə sahələrdən istifadə etməkləpeyk vasitələri ilə əlaqələnib qoşula bilər.Bu sistem diferensial və korreksiya keyfiyyətində olmaqla, nisbətən ucuzdur.Bu xidmətdən kənd təsərrüfatında torpağın becərilməsində, gübrə və pestisidlərin tətbiqində, toxum,ştil və tinglərin əkilməsində, məhsulun yığılmasında istifadə edilə bilər.

Dekimetr dəqiqliyi - 4 – 8 düyümə qədər olan dəqiqlik , 3 – 5 düyümə qədər olan ötürmə xətaları olan informasiyaları təmin edir. Bu xidmətdən yerli baza stansiyalarından və ya özəl peykdən (diferensial düzəliş abunəsi olan cüt tezlikli qəbuledicilərdən) istifadə etməklə yararlanmaq olar. Aparılan əməliyyatların çox olması zamanı operatorun avtomatik idarəetməsi üçün istifadə edilə bilər.

Santimetr dəqiqliyi - real vaxt ərzində diferensial düzəliş ilə yerli baza stansiyasından (ATS) istifadə etməklə xidmətdən istifadə etmək olar. Bu sistemlər uzun müddətli və qısa müddətli xətaları qeyd etməklə, çatdırılır. Bu sistemdən yüksək texnologiya ilə təchiz edilmiş nəqliyyat vasitələrinin, traktorların, kombaynların apardıqları əməliyyatların yerinə yetirilməsində istifadə

etmək olar. Bu sistemlə yerin mailliyini, coğrafi vəziyyətinin qeydiyyatını aparmaqla, hərəkət istiqamətini əvvəlcədən ölçmək olur.

6.1 Naviqasiya sistemində diferensial düzəliş dəqiqliyinin riyazi nəzəriyyəsi

Naviqasiya sistemində diferensial düzəliş dəqiqliyi "Kalman süzgəci" nəzəriyyəsinə görə yaradılmış və qəbuledicilərin (naviqatorlar) proqram təminatı bu nəzəriyyə əsasən hazırlanmışdır. Dəqiqlik əsasən aqreqatın bir düz xətt boyunca hərəkətini xarakterizə edir.Əgər "Kalman süzgəci" nəzəriyyəsi tətbiq olunmasaydı, baş verən xətalar 10 m -ə qədər olardı.

Kalman süzgəci nəzəriyyəsi əvvəlcədən gedilən yolu proqnozlaşdıran riyazi statistik optimal qiymətləri təyin edən nəzəri metoddur.

ɛ̡ - filtiri – iki əsas yığım tənliyindən ibarətdir. Bunlar aşağıdakılardır.

1.Proqnozlaşdırma zamanı real vaxtda yenilənmə tənliyi

$$\hat{x}_{k+1} = \Phi x_k$$

$$C_{\hat{x}_{k+1}} = \Phi C_{x_k} \Phi^T + C_{ww} \quad (6.1)$$

2.Filtirləmə zamanı ölçmələrdə yenilənmə tənliyi

$$G_{k+1} = C_{\hat{x}_{k+1}} A^T (A C_{\hat{x}_{k+1}} A^T + C_{nn})$$
$$x_{k+1} = \hat{x}_{k+1} + G(z_{k+1} - A\hat{x}_{k+1}) \quad (6.2)$$
$$C_{x_{k+1}} = (I - GA) C_{\hat{x}_{k+1}}$$

Hər iki tənlik x-in qiymətinə görə müəyyən edilir. Bu tənliklərdə C_{xx} – kovariasiya matrisi, Φ – keçid matrisi, C_{WW} – sistem siqnalının kovariasiya matrisi, C_{nn} – ölçmə kovariasiya matrisi, G – kalman düzəlişi olub, göstəricilərlə xarakterizə olunur.

6.2 GPS sistemində aqreqatın sabit sürət modeli

Məlumatlar GPS qəbuledicisindən verilir, buna görə daimi izləmə vaxtını Δ t hesab edirik. Dəyişən təsvir edəcəyimiz kəmiyyət vaxt olduğunu nəzərə alsaq onda vaxtın uzunluğunu ümumiləşdirərək, istifadə edə bilərik.Vaxtın yayılma qanunun (sabit sürət modeli) riyazi modelini qura bilərik.

$$\begin{bmatrix} \varphi_{k+1} \\ \lambda_{k+1} \\ h_{k+1} \\ v_{\varphi_{k+1}} \\ v_{\lambda_{k+1}} \\ v_{h_{k+1}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & \Delta t & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & \Delta t & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & \Delta t \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varphi_k \\ \lambda_k \\ h_k \\ v_{\varphi k} \\ v_{\lambda_k} \\ v_{h_k} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} w_\varphi \\ w_\lambda \\ w_h \\ w_{v_\varphi} \\ w_{v_\lambda} \\ w_{v_h} \end{bmatrix} \tag{6.3}$$

Qısa dəqiq onda yazsaq, vaxtın yayılma qanununu aşağıdakı kimi yaza bilərik.

$$\xi_{k+1=} \begin{bmatrix} x_{k+1} \\ v_{k+1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I & \Delta T \\ 0 & I \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_k \\ v_k \end{bmatrix} = \Phi_{k+1,k}\xi_k + w_{k+1.k} \tag{6.4}$$

Vahid zamanda müşahidə tənliyini qeyd edə bilərik

$$\begin{bmatrix} \varphi_{k+1} \\ \lambda_{k+1} \\ h_{k+1} \end{bmatrix}_{OBS} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varphi_{k+1} \\ \lambda_{k+1} \\ h_{k+1} \\ v_{\varphi_{k+1}} \\ v_{\lambda_{k+1}} \\ v_{h_{k+1}} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} n_\varphi \\ n_\lambda \\ n_h \end{bmatrix} \tag{6.5}$$

Qısa təhlilini belə yaza bilərik

$$x_{O,k+1} = \begin{bmatrix} I & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_{k+1} \\ v_{k+1} \end{bmatrix} = A\xi_{k+1} + n_{k+1} \tag{6.6}$$

Burada: n_{k+1}, klassik sıfır orta və normal paylanma fərziyyələrinin ($n_{k+1} \approx N$) uyğun olduğu müşahidə xətasıdır. Təsvir edildiyi kimi, müşahidə vektorları yalnız üç mövqe koordinatı ilə müəyyən edilir. Aqreqatın başlanğıc dövrü (t = 0) hərəkət etməzdən əvvəl sonuncu hesab olunur. Başlanğıc dövr aşağıdakı şəkildə verilir:

$$\xi_0 = \begin{bmatrix} x_0 \\ 0 \end{bmatrix}, x_0 = \frac{1}{N} \sum_{i=-N,-1} x_{O,i}$$

(6.7)

Daha dəqiq desək, hərəkətin başlanğıcındakı mövqe hərəkətdən əvvəl nəzərdə tutulan işarə təyin olunma zamanı izlənilən koordinatların orta qiyməti kimi hesablanır. Dövrü kovariasiya matrisini qeyd edə bilərik:

$$C_{\xi\xi,0} = \begin{bmatrix} C_{nn,0} & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \qquad (6.8)$$

$$C_{nn,0} = \frac{1}{N^2} \sum_{i=-N,-1} C_{nn,i} \qquad (6.9)$$

Naviqatorda bir izləmə dövründə ölçü siqnalı belə qəbul edilmişdir:

$$C_{nn,i} = \sigma_0^2 \begin{bmatrix} HDOP_i & 0 & 0 \\ 0 & HDOP_i & 0 \\ 0 & 0 & c^2 VDOP_i \end{bmatrix} \qquad (6.10)$$

C_{nn} - ölçmə kovariasiya matrisidir və peykin göstəriciləri ilə müəyyən edilir, buna görə DOPs parametrlərindən istifadə edərək əsas diaqonal təyin olunur.

Hər dövrdə dəyişirlər,buna baxmayaraq ilk alqoritm testləri HDOP və VDOP üçün sabit qiymətlərdən istifadə edilərək aparılmışdır. VDOP, şaquli ölçmələrin planimetrikdən daha pis olduğunu nəzərə alaraq sabit c kəmiyyəti ilə artırılır. Sabit parametrlər üzrə fərziyyə bunlardır: c = 2 və $\sigma_0 = 1m^2$.

Sistem siqnalının kovariasiya matrisi C_{ww}, modeldə nəzərə alaraq xətaları təmsil edir. Bu vəziyyətdə sabit sürət modelini nəzərə alaraq xəta çevrilmə matrisindən istifadə edərək, vəziyyət vektorunda kovariasiyanın yayılması yaranır. Son C_{ww} riyazi forması belədir:

$$C_{ww_{k+1,k}} = \sigma_v^2 \begin{bmatrix} \Delta T^2 & \Delta T \\ \Delta T & 0 \end{bmatrix} \quad (6.11)$$

“Kalman süzgəci” nəzəriyyəsi naviqatorların dəqiqlik səviyyəsinin təminatı olub, naviqasiya prosesinin səmərəliliyini artırır.

7. ROBOTLARIN KƏND TƏSƏRRÜFATINA TƏTBİQİ

Hal-hazırda əkinçilik sistemində robotlar tətbiq olunmaqdadır. Bunlara “Əkinçilik Robotu” və ya “Aqrobot”lar deyilir. Aqrobotlar kənd təsərrüfatında əl ilə görüləcək işlərin yerinə yetirilməsində tətbiq olunur. Əl əməyini aradan qaldırır. İşçilər üçün darıxdırıcı təkrar işləri yerinə yetirir.Aqrobotlar mobil, muxtar, qərar vermə, mexatronik cihazların funksiyalarına görə məhsul istehsalında apardıqları əməliyyatların miqyasına görə seçilib təyin edilirlər.

Beynəlxalq Kənd Təsərrüfatı Robotları Forumu (FİRA) Toulose –da dünyanın 60-dan çox layihəsi (FİRA 2018) onların istehsalını artırmağa istiqamətlənib. Dünyada 2018-2022 –ci illər üçün robotların istehsalına 12 milyard dollar pul ayrılması nəzərdə tutulub.

Robotların dəqiq əkinçilikdə xüsusi yeri var. Robotlar aşağıdakı işlərə tətbiq olunur.

- *məhsul yığımında (tərəvəz, meyvə və s.)*
- *alaq otların mexaniki təmizlənməsində*
- *toxum və gübrə səpinində*
- *məhsulları çeşidləmə və qablaşdırmada*
- *aqrokimyəvi maddələrin tətbiqində*
- *zərərvericilərin mexaniki təmizlənməsində*

Robotlar proqramlaşdırma sistem əsasında kompleks mexanizmilərdir.Görülən işlərin həcmindən asılı olaraq, robotların idarəetmə sistemlərinə proqramlar yükləyirlər. Əməliyyatlarda dəyişən yeni bir amil meydana çıxarsa, robotlar bunu tanımırlar.Belə olan halda proqramlaşmaya həmin yeni amil daxil edilir.

Kənd təsərrüfatına tətbiq olunan aqrobotların əksəriyyəti mobil robotlar sinifinə aid edilir.Onlar avtonom hərəkətetmə qabiliyyəti, reaksiya vermə və kifayət qədər zəkası olan digər robotlardan fərqlənir.Bunların qərarları ətraf mühitdən aldıqları qavrayışa əsaslanır. Mobil robotların "idrak nəzarət" sisteminə proqramlar vasitəsilə dəyişənlərə cavab vermək üçün hərəkətlər və əməliyyatların növləri seçilib yazılır.Ətraf mühiti hiss etmə və uyğunlaşma üçün güclü bir idrak sistemi yaradılmışdır.Robot texnikasının bir neçə növü var.

1. *Təkərli mobil robotlar*
2. *Ayaqlı robotlar*
3. *Uçan robotlar*

4.Üzən robotlar

Robot texnikası mexanika,elektronika,kompüter elmi kimi müxtəlif texnoloji sahələri əhatə edir. Bütün robotlara süni intellekt rəhbərlik edir.

Mobil robotlar avtonom şəkildə hərəkət edirlər. Mobil robotlar aşağıdakı əsas daxili funksiyaları var.

- *hərəkət*
- *qavrayış*
- *idrak*
- *naviqasiya*

Robotlar lokomotiv problemi anlayaraq həll edirlər. Robotlar hərəkətin növünə görə aşağıdakı təsnifatlara bölünürlər.

1.Stansionar (qol/manipulyator)
2.Yer əsaslı
3.Hava əsaslı
4.Su əsaslı
5.Digər

Yer əsaslı robotlar aşağıdakılardan ibarətdir

1.Təkərli mobil robot (WMR)
2.Ayaqlı hərəkətli robot
3.Sürüşmə ilə hərəkətli robot
4.Hibrit robot

Təkərli mobil robotlar WMR –lər idarə olunmasına görə aşağıdakı təsnifatlara ayrılır.

1.Diferensial idarəetmə WMR –lər

2.Avtomobil növlü WMR –lər
3.Çox istiqamətli WMR –lər
4.Sinxronlaşdırılmış WMR –lər

Təkərli mobil robotların aparıcı hərəkət verici təkərlərin sayı 1-6 -ə qədər ola bilər.

Ayaqlı robotların hərəkət verici ayaqları 2-6 ədəd ola bilər.

7.1 Sensorlar

Aqrobotlar sensorlar və lazer işığı vasitəsilə əməliyyatları yerinə yetirə bilir.Belə ki, ətraf mühiti qavramaq və əməliyyatların tətbiqi, aşkar etmə funksiyalarını yerinə yetirilməsində sensorlar həlledici roll oynayır.Aşağıdakı növ sensorlar var.

1.Görmə əsaslı sensorlar. Bu sensorlar istənilən görüntüləri elektromaqnit spektrindən istifadə etməklə, “idrak və nəzarət” sisteminə çatdırır. Bu sensorlara CCD və CMOS 90 markalıları aid etmək olar.
2.Rəngləri tanıma və izləmə sensorları. Ətrafdakı rəngləri aşkarlamaq,ayırmaq və izləmək üçün istifadə olunur.
3.Dərinlik sensorları.Obyektlərin aşkarlanmasında istifadə olunur. 3D – üç ölçülü məlumatların çatdırılmasında əlverişlidir.

Sensorlar aşağıdakı təsnifatlara ayrılır.

a) Proprioseptiv – eksteroseptiv
b) Passiv – aktiv

Proprioseptiv sensorlar daxili qiymətləri qeyd edirlər. Buna misal olaraq: mühərrikin sürəti, təkərin üzərinə düşən yükü və s.

Eksteroseptiv xarici qəbuledici sensorlar robotların ətraf mühitində əldə olunan məlumatlar qeyd olunur. Buna misal olaraq: işıq intensivliyi, səs diapazonu və s.

Passiv sensorlar ətraf mühitdə dəyişənləri qeyd edir. Buna misal olaraq: istilik, nəmlik, rütubət və s.
Aktiv sensorlar ətrafdakı reaksiyaları, qarşılıqlı təsirlərlə əlaqələri ölçə bilir. Buna misal olaraq: dinamiki aralıq, güc, tezlik, həsaslıq, dəqiqlik və s.
Bu sensorlara robotların idarəetmə sistemi kimi baxmaq olar.Sensorlar olmadan mobil robotlar işləyə bilməz.

7.2 İdrak və nəzarət sistemi

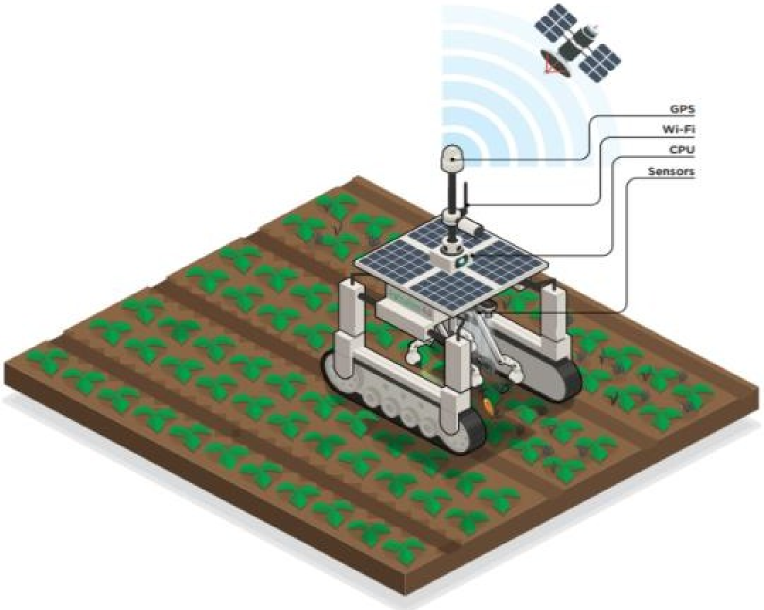
Mobil robotların mexaniki quruluşuna və tapşırıqların yerinə yetirilməsi məqsədinə nail olunması üçün nəzarət edilməlidir. Nəzarət sistemi 3 əsas amilə əsaslanır.

- qavrayış;
- emal və idrak;
- fəaliyyət;

İdrak sistemi ətraf mühit haqqında robota məlumat verməklə, robotla ətraf mühit arasında əlaqə yaradır.Bu məlumatlar toplanaraq, müvafiq qərarlar qəbul edilib, əmrlərlə mexaniki hərəkət edən aktuatorlara göndərilir.

"İdrak və nəzarət" sistemi robotun qərarvermə və icra hissəsidir.Robot yüksək səviyyəli hədəflərə çatmaq üçün istifadə edir.Sensorlar vasitəsilə əldə olunan məlumatlar robotun məqsədləri üçün idrak və nəzarət sistemi necə qavrayacağına, qərar verəcəyinə və məqsədlərə çatmaq üçün həlledici funksiya daşıyır.Bundan əlavə idarəetmə sistemində bütün yeni məlumatları koordinasiya etmək,

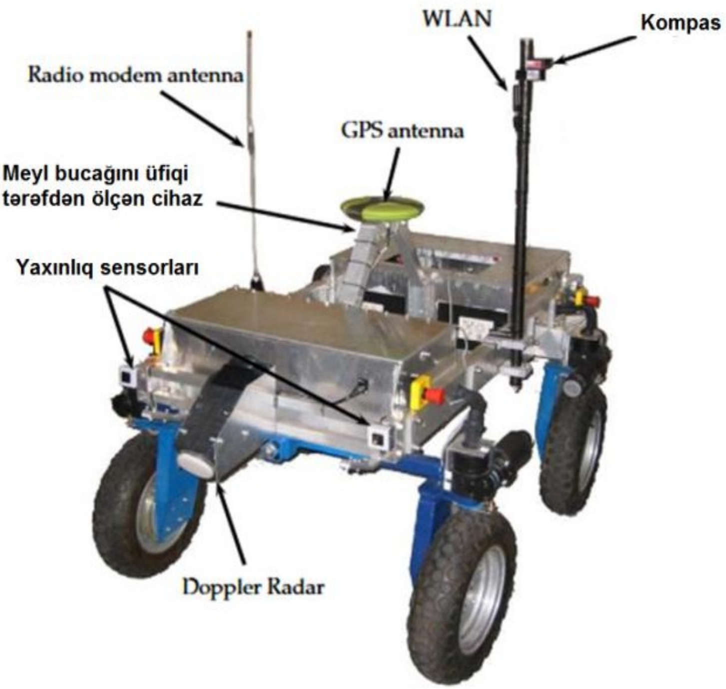
robotun hərəkətini planlaşdırmaqla, hərəkət üsulu seçməkdən ibarətdir.



Şəkil 7.1 Sadə aqrobotun şəbəkə göstəriciləri

Sadə aqrobotların aşağıdakı xarici əlaqələri var. Bunlar aşağıdakılardır.

1. GPS –sistem
2. WiFi
3. CPU
4. Sensorlar



Şəkil 7.2 Sadə aqrobot aşağıdakı əsas hissələrdən ibarətdir

Robotlar sistemi getdikcə ildən-ilə populyarlaşır. Fərdi robotlar sistemi daha praktiki inkişaf olunmaqla, həm kəmiyyət həm də çətinlik baxımdan müxtəlif qabiliyyət tələb edən mürəkkəb tapşırıqlarda xüsusilə

aktualdır. Robotlar vasitəsilə kənd təsərrüfatı işlərinin avtomatlaşdırılması seçimi 24 saat əkinçiliyə yol açır. Fərqli olaraq əməliyyatların dəqiq aparılması daha ağıllı mərkəzləşmiş bir yanaşmaya imkan verir.

Robotika kənd təsərrüfatının gələcəyində şübhəsiz ki, böyük rol oynayacaqdır.Buna görə gələcəkdə fermerlər bu texnologiyaların tətbiqinə daha çox sərmayə qoyacaqlar.

Aqrobotların kənd təsərrüfatında 4 əsas həlledici funksiyası var.

Alqoritmlər və Optimallaşdırma.

- əməliyyatların aparılması, alətlərin istifadəsinin optimallaşdırılması haqqında məlumat;
- alətlərə texniki qulluq, məhsul yığımını və əməliyyatların aparılmasını optimallaşdırmaq;

Hiss etmək və emal etmək.

- LİDAR, GPS/GNSS texnologiyalarının tətbiqi;
- kinec və işıq, səs sensorlarından istifadə etməklə İOT "əşyaların interneti" texnologiyasında bu məlumatları və konsepsiyaları emal etmək;

Aşağıdakı aqrobotlar istehsal olunur.

1.Avtonom traktor aqrobotları
2.Bitki inkişafına nəzarət edən aqrobotlar
3.Toxum və gübrə səpən aqrobotlar
4.Məhsul yığan aqrobotlar

5.Müxtəlif məqsədlər üçün olan aqrobotlar
6.Alaq otlara qarşı mübarizə aparan aqrobotlar
7.Zərərvericiləri pnevmatik təmizləyən aqrobotlar

Dina Aqrobotu. Aqrobot “Naio” texnologiyası əsasında 2016-cı ildə ilk dəfə Fransada yaradılıb və kütləvi istehsal olunur. Aqrobot mexaniki təmizləmə, xəstəlik və zərərvericiləri izləmə və ya mexaniki təmizləmə əməliyyatlarını yerinə yetirir. Aqrobot herbisidlər və pestisidlərin sahəyə tətbiqinin zərurətini tam aradan qaldırır. Aqrokimyəvi maddələrə qənaət , ekoloji çirklənmələrin qarşısını alır. Qiyməti 110000 Avrodur.

Şəkil 7.3 Dina Aqrobotu

FD 20 Farmdroid ApS aqrobotu – toxum və gübrə səpən aqrobot 2011 –ci ildə ilk dəfə Danimarkada yaradılıb, kütləvi istehsal olunmaqdadır. Bu aqrobot

toxum səpməklə bərabər alaq otlarını da, bir gedişdə mexaniki təmizləyir. Ümumi çəkisi 700 kq –dır. Bir gündə 20 hektar sahədə səpin işi apara bilir. FD 20 Aqrobotuna nəzarət etməyə ehtiyac yoxdur.Çünki "Süni Zəka" və "GNSS" texnologiyaları ilə idarəetmə sistemi təhciz edilmişdir.Qarşıya çıxan maneələri özü dəf edə bilir.Qiyməti 68000 Avrodur.

FD 20 aqrobotu şəkər çuğunduru, ispanaq, soğan, kələm, raps və tərəvəz toxumlarının səpilməsində müvəffəqiyyətlidir.

Şəkil 7.4 Toxum və gübrə səpən FD 20 aqrobotu

Agbot aqrobotu. 2018-ci ildə ilk dəfə Hollandiyanın Agxeed şirkəti Agbot markalı Aqrobot istehsal etdi. İxtisaslaşmış və standart alətlər üçün aqreqatlaşan çoxfunksiyalı aqrobotdur. Agbot markalı avtonom traktorun ümumi gücü 156 a.q –nə malikdir.Müxtəlif kənd təsərrüfatı alətlər dəsti ilə aqreqatlaşa bilir.Hal-hazırda 2021-ci il üçün istehsal olunur. Qiyməti

249500 Avrodur. Hollandiya, Almaniya və Fransada mövcuddur.

Şəkil 7.5 Agbot markalı aqrobotun iş zamanı

Anatis aqrobotu. 2015-ci ildə ilk dəfə Fransanın Carre şirkəti tərəfindən Anatis markalı avtonom traktor aqrobotu istehsal olunmuşdur. Anatis alətlərə aqreqatlaşmasında və ya alaq otlarla mübarizədə mexaniki təmizləmə məqsədilə hazırlanmışdır. İdarəedilməsi RTK, GPS sistemlərlədir.Texnoloji əməliyyatları apararkən optik kameralarla aşkar edir. Enerji mənbəyi, litium-ion batareyası ilə təhciz edilmişdir. Enerji baxımından ümumi 1,5 saat sahədə

iş görə bilir.Qiyməti 100000 Avrodur.Hal-hazırda Fransada, Belçikada, İsveçdə mövcuddur.

Şəkil 7.6 Anatis aqrobotun iş vaxtı

GEN-2 aqrobot. 2017-ci ildə ilk dəfə İsveçirənin Ekobot şirkəti tərəfində GEN-2 aqrobotunun istehsalına başlanılıb.Gərgəarası alaq otların mexaniki təmizləyən aqrobotdur.İdarə olunması GPS və LİDAR texnologiyası əsasında işləyir.Biçmə hündürlüyü torpaqdan 1 sm-dir.Hal-hazırda Hollandiya və İsveçirədə mövcuddur.

Şəkil 7.7 GEN – 2 aqrobot iş vaxtı

Avo aqrobotu. 2014-cü ildə ilk dəfə İsveçrənin Ecorobotix şirkəti tərəfində Avo aqrobotu istehsal olunub. Üzəri günəş paneli ilə təchiz olunub. Herbisidlərin, funqisidləri, mineral gübrələri sahəyə tətbiqi üçün nəzərdə tutulmuşdur. Sensorların köməyi ilə tətbiq sahəsini müəyyən edir. RTK,GPS, Aİ (süni zəka) ilə idarə olunur. Bu aqrobot muxtar növlüdür. Aqrokimyəvi maddələrə 95% qənaət edir. Qiyməti 90000 Avrodur. Hal-hazırda istehsal olunmaqla, Fransa, İtaliya, Almaniya və İsveçrə ölkələrində mövcuddur.

Şəkil 7.8 Avo Aqrobotu iş vaxtı

Vinbot. Bu kiçik robot Avropa konsorsiumunun məhsuludur. Üzüm bağlarında monitorinq aparmaq üçün istifadə olunur. Üzümçülükdə məhsulun keyfiyyət göstəricilərini təmin etmək üçün məhsullara nəzarət etmək vacib məsələlərdən biridir.

Şəkil 7.9 Vinbotun iş vaxtı

Robot bağda yarpaq-meyvə indeksini hesablamaq üçün ayrıca analiz edilən 3D və rəngli şəkil məlumatlarını toplayır.

Bu vasitənin sərbəst qərar verməsi və avtonom hərəkət edə bilməsi ilə seçilir. Lakin ətrafını nə dərəcədə anlaya biləcəyi qeyri-müəyyəndir. Bundan əlavə, heç bir mexaniki əməliyyat etmədiyi üçün manipulyasiya aspekti olaraq robot sinifinə aid olması qəbul edilmir.

Vinerobot - VINBOT-a bənzər bu sistem üzüm bağlarına nəzarət etmək üçün hazırlanmışdır.

Tənəyin böyüməsi, üzüm meyvələrinin vəziyyəti və məhsuldarlığı haqqında məlumatları toplayır.Bundan başqa becərmənin yaxşılaşdırılması, üzüm bağlarının idarə edilməsinin optimallaşdırılması və keyfiyyətinin yaxşılaşdırılması üçün istifadə olunur.

Şəkil 7.10 Vinerobot iş vaxtı

Şəkil 7.11 Vinerobot iş vaxtı

Bu robot məlumatların toplanması nəzərə alınmaqla hazırlanmışdır. Bunun bir üstünlüyü var ki, ümumiyyətlə bir çox sensor mövcuddur və bir çoxu muxtar idarə olunması üçün istifadə olunur. Bu, mövcud hərəkət hesabı ilə nəticələnir.Manipulyasiyaya gəldikdə, heç bir fiziki hərəkət yoxdur həyata keçirilir və bu səbəbdən nəzərə alınmır. Həm də donanma əməliyyatı bu dizaynda tətbiq edilmir.

Vitirover. Bu kiçik və yüngül aqrobotu yaşıl çəməni biçir.Üzüm bağlarında tənəklər arasındakı yabanı otları, alaqları mexaniki olaraq biçir.Əsas məqsəd herbisidlərin tətbiqini azaltmaqdır.

Bu texnologiya hərəkətdə yüksək nəticə verdi, lakin ətrafındakı məlumatlılığının qeyri-müəyyənliyinə görə ən yüksək göstəriciyə çatmadı. Bu aqrobotlar qarşı-qarşıya gəldikdə biri-birilə əlaqə yarada bilmirlər. Manipulyasiyaya əsasında bu sistem qeyri sabit biçinə görə aşağı nəticələr göstərir.

Şəkil 7.12 Vitirover aqrobotun iş vaxtı

<u>NAİO OZ</u>. Bu kiçik robot sahəni hər gün alaq otlardan təmizləməklə, təsərrüfat işlərini aparmaqda kömək edə bilər.Cərgəarası torpağı becərməklə, yumuşaltmaq,alaq otlardan mexaniki təmizləmək və əkilən bitkinin dibini torpaqla doldura bilər.

Şəkil 7.13 NAİO OZ aqrobotu

8. RƏQƏMSAL SUVARMA TEXNOLOGIYASI

8.1 Dəqiq suvarma

Dəqiq suvarma - dünya miqyasında suvarma sahəsində yeni bir konsepsiyadır. Dəqiq suvarma suyun dəqiq hər bir bitki üçün tətbiqidir. Dəqiq suvarma su mənbələrinin davamlı idarə edilməsidir. Hər bir bitkiyə lazımi zamanda və miqdarda tətbiq edilməsini əhatə edir. Sahədə su tələbatının dəyişkənliyini səmərəli idarə edilməsində zəmin yaradılır. Məhsulun məhsuldarlığını artırmaqla su istifadəsinin səmərəliliyi ilə yanaşı enerji xərclərinin də qarşısını alır.

Sahənin diferensial suvarmasına nail olmaq üçün sistem yanaşmasından istifadə edilir.

Dəqiq suvarmanın üstünlükləri

Dəqiq suvarma suya, enerjiyə qənaət etməklə, elmi cəhətdən qarşılıqlı potensiala malikdir. Dəqiq suvarmada damlama və çiləmə üsulunun tətbiqi çox əlverişlidir.Ən-ənəvi suvarmada torpaq qatında bitki üçün 40 - 45 % su faydalı tətbiq olunurdusa, dəqiq suvarmada 80 - 90 % suyun faydalı tətbiqi mümkündür. Suya 50% qənaət olunur. Qarşılıqlı potensial elmi cəhətdən dəqiq suvarmanın məhsuldarlığının artmasıdır.

Dəqiq suvarmanın əsas məqsədi optimal miqdarda suvarmanı tətbiq etməkdir.

Dəqiq suvarmanın aşağıdakı komponentləri vardır.

1. ***Məlumat toplama***

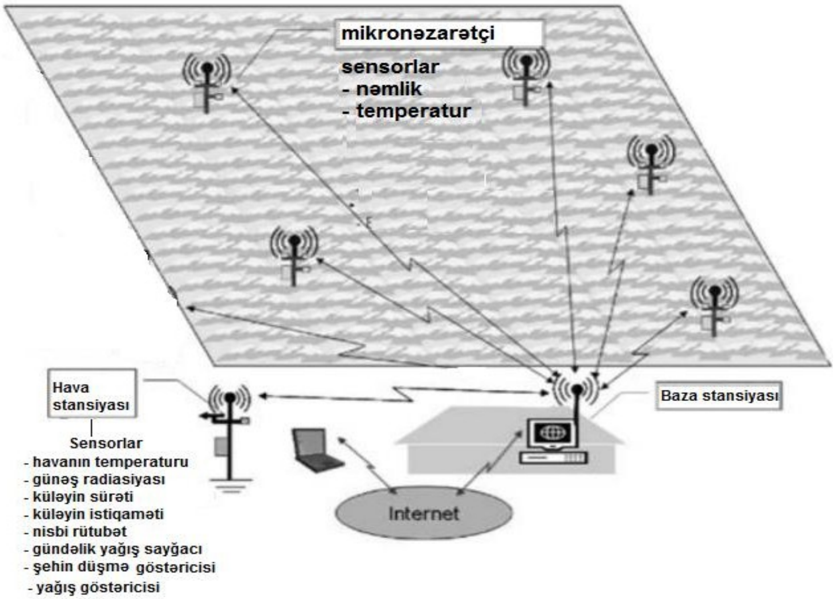
Dəqiq suvarmada tələbatın dəyişkənliyini təyin etmək üçün ölçmələr və müşahidələr aparmaqla, torpaq-iqlim şəraiti və əkiləcək bitkinin bioloji xüsusiyyətləri nəzərə alınır.

2. Təhlil

Götürülən məlumatlar və ölçmələr toplanmalı və düzgün təhlil edilməlidir.

3. Nəzarət

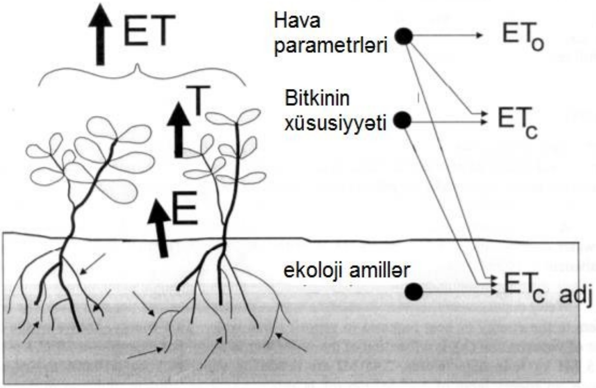
Su qəbulediciləri optimallaşdırmaq və suvarma idarəetməsini real vəziyyətə görə nizamlamaq. Real vaxt məlumatları mikronəzarətçilər tərəfindən əldə edərək, vəziyyətə uyğunluğu tam nəzarət etmək



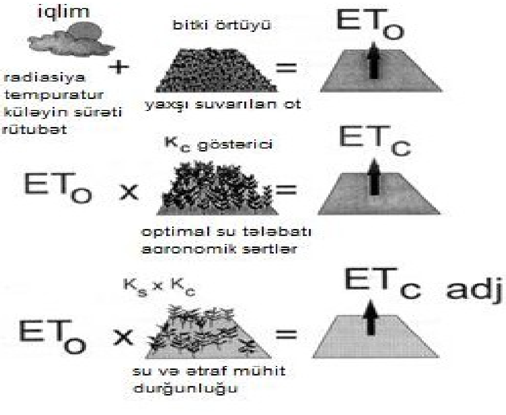
Şəkil 8.1. Müasir suvarma sisteminin əsas sxemi

8.1.1. Evapo-transpirasiya metodu ilə dəqiq suvarmanın planlaması

Suvarmanın planlaması - bitki və ya otlaq yeri üçün tətbiq ediləcək suvarma vaxtının və miqdarının təyin olunduğu bir prosesdir.1981 –ci ildə Jensen tərəfindən aparılan metoddundan istifadə edilərək suvarmanın riyazi üsulla planlaması aparılır.



Şəkil 8.2 Evapo-transpirasiyaya təsir edən amillər



Şəkil 8.3 Evapo-transpirasiyasına təsir edən amillər

Hər bir təsərrüfat rəhbəri əkindən əvvəl bu metoddan istifadə etməklə suvarmanın planlamasını apara bilər. Evapo-transpirasiya (ET) metodu ilə bitkinin suvarılmasında hər bir bitki üçün su sərfini və itkiləri təyin etmək olar. Evapo-transpirasiyası metodu 2 ayrı-ayrı prosesin birləşməsidir.

1. Torpağın səthində buxarlanma
2. Bitkinin səthində buxarlanma

Əkilən bitkilərin su sərfini riyazi düsturla hesabladıqdan sonra planlama aparıla bilər. Evapo-transpirasiyası aşağıdakı düsturla hesablanır.

$$ET_0 = \frac{0.408\ \Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T+273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34U_2)} \qquad (8.1)$$

burada: *ET_0 - Evapo-transpirasiyası , mm gün $^{-1}$*
R_n – bitki səthinə düşən günəş radiasiyası, m^{-2} gün $^{-1}$
G – torpağın istilik keçirilməsi , m^{-2} gün $^{-1}$
T – havanın 2 m hündürlükdə hərarəti, ° C
U_2 – 2 m hündürlükdə küləyin sürəti , m/san
es – doyma buxarın təzyiqi, kPa
ea – faktiki buxarlanmanın təzyiqi, kPa
es-ea – doyma buxarın təzyiq kəsiri, kPa
Δ – buxarlanma əmsalı,
γ – psixometrik sabiti, kPa

Evapo-transpirasiyası (ET_c) sahədə suvarılan bütün bitkilər nəzərə alınaraq, aşağıdakı düsturdan təyin edilə bilər.

$$ET_c = K_c \; ET_0 \qquad (8.2)$$

burada: ET_c – *sahədə suvarılan bütün bitkilər üçün evapo-transpirasiyası, mm gün*$^{-1}$

K_c – *bitki əmsalı,*

Su tələbatı bitki növündən, Evapo-transpirasiyadan, suvarılan əkin yerinin sahəsindən, klapanın növündən, borulardan, klapanlar arası məsafədən və gündə suvarma sayından asılıdır.

Bütün bu parametrləri nəzərə alaraq (3) düsturundan istifadə edərək, əkin yeri üçün həqiqi suvarma vaxtını hesablamaq mümkündür.

$$T = \frac{A \times (K_c + ET) \times 60}{F \times N \times 1000} / P \qquad (8.3)$$

burada: T - *suvarma vaxtıdır,*

Kc - *bitki əmsalıdır,*

$Kc = 6\ L / m^2$ *normal sahə üçün*

F - *bir klapanın başlığından keçən su axını,* m^3 / s

N - *klapanların sayı ,*

P - *suvarma dövrlərinin sayı,*

A – *suvarılan yerin sahəsidir,* m^2

$$\mathbf{A = [(0.5 \times N) - 1] \times D^2} \qquad (8.4)$$

burada: *D - klapanlar arasındakı məsafə, m*

Sahədə Evapo-transpirasiyasının (ET) qiyməti havanın temperaturundan daha çox asılı olduğu üçün aşağıdakı düsturdan da istifadə edə bilərik.

$$\boldsymbol{ET = 0.0023 \times (T_{med} + 17.78)R_0 \times (T_{max} - T_{min})\ 0.5;} \qquad (8.5)$$

burada: T_{med} *- orta temperatur, °C*

T_{max} *- maksimum temperatur, °C*

T_{min} *- minimum temperatur, °C*

R_0 *- günəş radiasiyasıdır, sorğu kitablarından hər bir ölkə üçün ekvalenti götürmək olar,*

Bu düsturda dəyişən yeganə parametr temperaturun olduğunu görmək mümkündür. Müəyyən bir gün üçün həm minimum, həm də maksimum qiymətlər qeydə alınır. Bu yerli məlumatların toplandığı vacib informasiyadır.

Toplanan ətraf mühit məlumatlarından bacardığımız qədər çox istifadə etmək və daha səmərəli bir sistem yaratmaqla,suvarma vaxtını, havada nisbi rütubəti və torpağın nəmliyini yazılmış düsturda nəzərə alaraq, aşağıdakı yeni düsturu (6) yazmaqla,daha dəqiq suvarma vaxtının optimal qiymətini hesablamaq olar.

$$\boldsymbol{T_{optimal} = T\, I_{soil} \times 0.7 + T\, I_{hum} \times 0.3 + T \times 0.1} \qquad (8.6)$$

burada: I_{soil} *– torpağın nəmliyi,*
I_{hum} *– havanın nisbi rütubəti,*

Verilən düsturlardan göründüyü kimi suvarmanın vaxtını, dəyişən parametrləri dəqiq hesablamaq üçün ilkin məlumatları toplamalı və düzgün təhlil etməli və riyazi düsturlarla hesablamaq olar. Alınan nəticələr əsasında suvarmanın düzgün planlaması aparılır.

Evapo-transpirasiyanın riyazi üsulla hesablanmasının əsas mahiyyəti ondan ibarətdir ki, suvarma sisteminin qurulmasında su tələbatını ödəmək üçün zəruri sistemə su nasoslarının, avadanlıqlarının və cihazların seçilməsi, sistemin nizamlanmasında vacib olan amildir. Eyni zamanda Evapo-transpirasiya metodu suvarmanın planlamasında əlverişli imkan yaradır.

Sahələrin müşahidəsi çox vaxt dronlarla, GPS və GİS – sistemlərlə aparılır ki, bu da daha ətraflı informasiyanın əldə olunmasına imkan yaradır.

Düzgün suvarmanın əsas şərti suyun miqdarı və suvarmanın vaxtıdır. Suvarmanın əsas dörd kritik funksiyası nəzərə alınır.

1. *Havanın parametrləri;*
2. *Torpağın parametrləri;*
3. *Bitkinin növü;*
4. *Bitkinin inkişaf mərhələsi*;

Hər bir bitkinin inkişaf mərhələsinə görə dəyişkən su tələbatı var.

8.2 İOT TEXNOLOGIYASI.

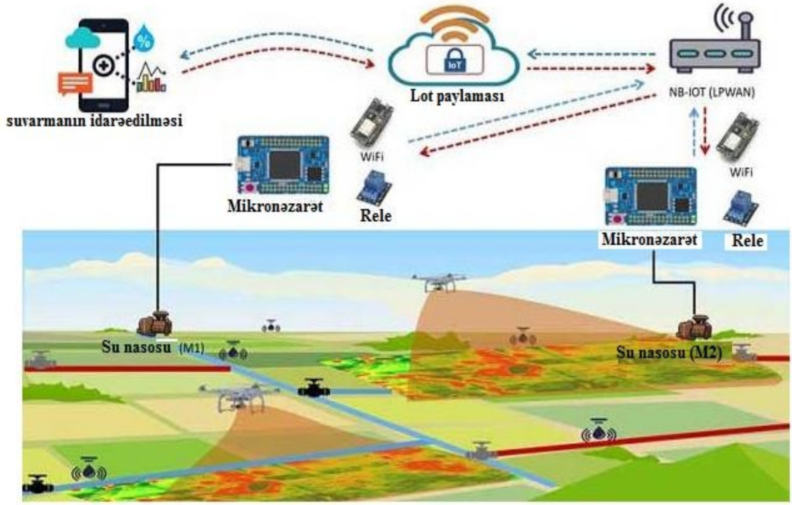
Hazırda internet insanların gündəlik həyatının ayrılmaz bir hissəsinə çevrilmişdir. İnternetdən istifadə insanlar arasındakı ünsiyyəti, məlumat paylaşmasını və qarşılıqlı təsiri artıraraq, gündəlik həyatımızı əhəmiyyətli dərəcədə dəyişdirmişdir. Bizi əhatə edən bütün faydalı əşyaların internet şəbəkəsinə qoşulması "Əşyaların İnterneti" termininin (Internet of Things, İoT) yaradılmasına gətirib çıxartmışdır. İoT şəbəkəsində təkcə insanlarla əşyalar arasında deyil, həmçinin əşyaların öz aralarında da qarşılıqlı əlaqələrinin qurulması nəzərdə tutulur . İoT konsepsiyasının mahiyyəti ondan ibarətdir ki, bizi əhatə edən predment və ya əşyalar (planşet, smartfon, ev avadanlıqları, geyimlər, avtomobillər, istehsal avadanlıqları, tibbi avadanlıqlar, dərman preparatları və s.) miniatür identifikasiya və sensor (həssas element) cihazlarla təmin olunaraq, naqilli və naqilsiz əlaqələr (sputnik, mobil əlaqə, Wi-Fi və Bluetooth) vasitəsilə qarşılıqlı əlaqədə olur və proseslərin tamamilə avtomatik yerinə yetirilməsini təmin edir.

İoT Dünya İqtisadi Forumunun qiymətləndirməsində dünyanı dəyişdirəcək texnologiyalar arasında ilk sıralarda yer alır və bu texnologiyanın yaxın 10 ildə dünya iqtisadiyyatında əsas trend olacağı proqnozlaşdırılır. İoT cihazların sayı 2017-ci ildə 31% artaraq, 8.4 milyarda çatmış və 2020-ci ildə bu say 30 milyard olmuşdur.

İoT texnologiyası əsasən kənd təsərrüfatıda bitkiçilikdə, səmərəli hasilat, suvarma, gübrələmənin aparılmasında və heyvandarlıq sahəsində tətbiq edilir.

8.3 DƏQİQ SUVARMADA İOT SMART TEXNOLOGİYASI

İot texnologiyası ilə suvarma sistemi həm açıq sahələrdə, həm də istixana şəraitində bitkilərin becərilməsi üçün tətbiqi əlverişlidir.İot texnologiyasında suya,enerjiyə qənaət olmaqla, internet üzərindən aparılan monitorinqə şərait yaradır.



Şəkil 8.4 İot smart suvarma texnologiyası

İot suvarma sistemində nasosların idarə edilməsi mikronəzarətçilər tərəfindən yerinə yetirilir. Belə ki, torpaqda nəmliyi ölçən naqilsiz sensorlar Wifi ilə yüksək ötürücü fenotiplərlə nasosların işləməsini təmin edir.

Hər bir bitkinin suvarılması nəzarətdə olmaqla, sahənin relyefindən asılı olmayaraq, torpaqda bərabər faizdə nəmlik yaratmaqla, bitkinin kök sistemi üçün münbit şərait yaradılır. Bu sistemi damla və çiləmə üsulları ilə tətbiq etmək olur. İot suvarma sistemini tətbiq etmək üçün aşağıdakı cihazların olması zəruridir.

1. *WiFi modulları*
2. *Günəş paneli*
3. *Relelər*

4.Mikronəzarətçilər
5.Əsas nəzarətçi
6.Sensorlar (torpağın nəmliyini ölçən, nisbi rütubət ölçən)
7.Sayğaclar (su,gübrə)
8.Termometrlər (torpaq, hava)
9.Su nasosları
10.Ötürücü boru xətləri
11.Gübrə çənləri

Şəkil 8.5 İot smart suvarma sisteminin şəbəkə sxemi

Sensorlar mikronəzarətçilərə elektron siqnal ötürməsi ilə relelər su nasoslarını cəryana qoşub-açır.

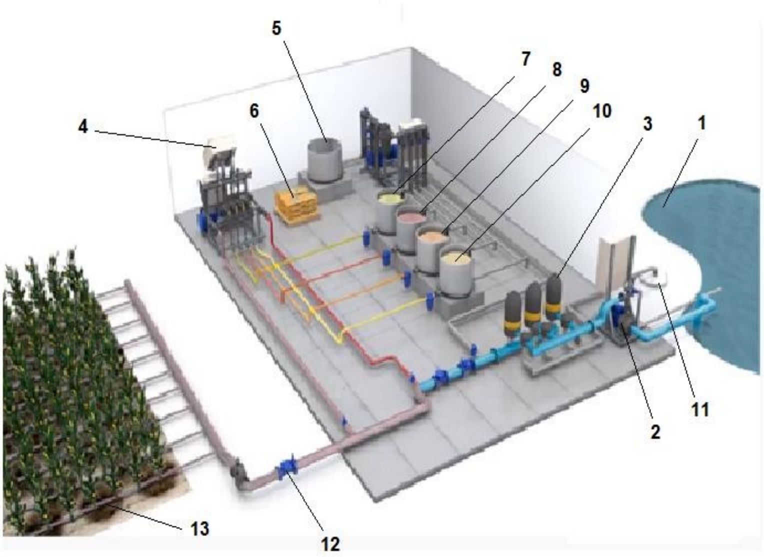
Bant (NB) – İot nəzarətçi stansiyası sahədə qoşularsa, smartfonlar ilə də nəzarət edilə bilər. NB –İot sistemi çox

böyük sahələrdə (LPWAN) şəbəkəsindən istifadə edilə bilər.

Bu sistemə internet üzərindən istənilən yerdən nəzarət oluna və ya suvarılmağa müdaxilə oluna bilər. Belə ki, fermer əkin sahəsində vəziyyətlə bağlı daimi əlaqə saxlayır. Bitkinin inkişaf mərhələsi dövründə suvarılma aparıldıqda və sistemdə yaranmış nasazlığın aşkarlanmasında çox əlverişlidir. Sahədə suvarılmanın planlaması üçün dronlardan da istifadə edilə bilər. Məlumatların əldə olunması ilə suvarma xəritələrin hazırlanması da mümkündür. Belə ki,torpaqların relyefinin müxtəlifliyi və quraqlığı suvarma xəritələrində qeyd olunaraq hazırlanır. Bu xəritələr sistemin əsas nizamlanmasında mütləq şəkildə nəzərə alınır.

8.4 İot smart suvarma sistemin texnoloji iş prosesi

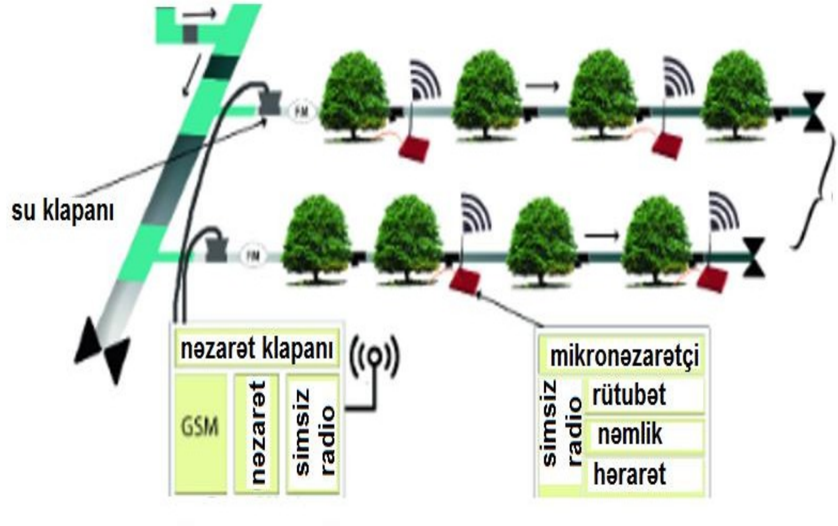
Sistem çox dəqiq suvarma işini yerinə yetirir (şəkil 2.3).Su mənbəyindən (1) boru vasitəsilə mərkəzdənqaçma nasos (2) suyu filtirlərdən (3) keçirərək, ümumi nəzarətçiyə (4) verir.Kisələrdə quru mineral gübrələr (6) gübrə girişi üçün olan çənə (5) boşaldılır. Nəzarətçi (4) gübrələri ayrı-ayrı normada su ilə məhlul halına gətirərək, azot çəninə (7) (10), fosfor çəninə (8) və kalium çəninə (9) doldurur.Həllolunmuş gübrələr nəzarətçi tərəfindən proqramçı ilə əlaqəli tələbata uyğun istifadə edilir. Hər bir çənin çıxış xəttində elektron klapan var. Sahənin ümumi suvarılması ümumi klapan (12) vasitəsilə aparılır.



Şəkil 8.6 İot smart suvarma sisteminin texnoloji işi

1 – su mənbəyi, 2 – mərkəzdənqaçma su nasosu, 3 – su süzgəci, 4 – ümumi nəzarətçi, 5 – sistemə gübrə verən çən, 6 – quru gübrə, 7, 10 – azot gübrə çəni, 8 – fosfor gübrə çəni, 9 – kalium gübrə çəni, 11 – su filtirinin yuyulmasında çirkli su ixrac borusu, 12 – ümumi klapan, 13 – suvarma boruları

Hər bir mikronəzarətçinin verdiyi siqnal əsasında ayrı-ayrı bitkilərin suya tələbatı təmin edilir (şəkil 2.4). Mikronəzarətçilər torpağı nəmliyinə, temperaturuna və bərkliyinə nəzarət etməklə suvarma klapanlarını idarə edir. Hava stansiyasının verdiyi ölçmələr əsasında ümumi nəzarətçi “uManage” proqramçının yaratdığı imkanlar daxilində PC fərdi kompüterlərlə və smartfon tipli telefonlarla uzaqdan idarə edilməsinə şərait yaranır.



Şəkil 8.7 İot smart suvarma sisteminin su ötürücü xətti

İot smart suvarma texnologiyasının əsas funksiyaları aşağıdakılardır

- *sahənin monitorinqi;*
- *su və mineral maddələrin istifadəsinin izlənməsi;*
- *istənilən yerdə əlaqə;*
- *suvarmanın planlaması;*

İot smart suvarma texnologiyasının özəlliyi aşağıdakılardır.

- *operativ çevik idarəetmə;*
- *etibarlı məlumatların ötürülməsi;*
- *sadə quraşdırılma;*
- *yüksək dəqiqlik;*
- *xüsusi seçimlər;*

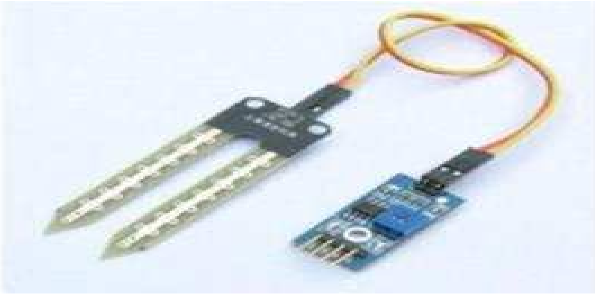
8.5 SENSORLAR

İot smart suvarma sisteminin 2 əsas elementləri var.

1. *“rSense”* və *“meteosense”* sensorlar (həsas elementlər)
2. *“uManage”* suvarma sisteminin baza stansiyası

***“rSense”* sensorları sırasına aşağıdakılar daxildir.**

- *torpağın nəmliyi və temperatur sensorları;*
- *su sayğacı,mineral gübrə sayğacı və təzyiq sensorları;*



Şəkil 8.8 Torpaqda nəmliyi qeyd edən sensor

***“meteosense”* sensorları sırasına aşağıdakılar daxildir.**
- *havanın temperaturu;*
- *nisbi rütubət;*
- *günəş radiyasiyası;*
- *küləyin sürəti;*
- *yağış göstəricisi;*
- *gündəlik yağış sayğacı;*
- *ET hesablanması;*
- *şeh düşməsinin hesablanması*

"uManage" – bitkinin inkişaf mərhələlərində sensorlardan məlumatları toplamaqla, real vaxt ərzində suvarmanı idarə edir.

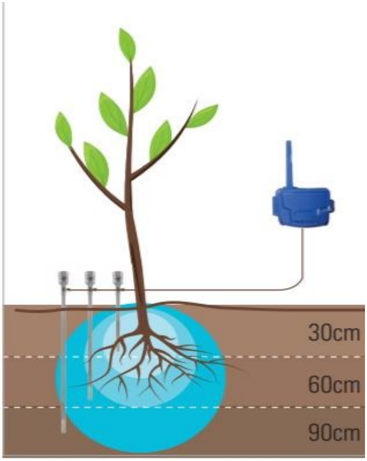
8.6 TENZOMETR

"*Tenzometr*" – torpaqda bitki üçün nəmliyi müəyyənləşdirən, torpağın gərilmə qüvvəsini ölçən cihazdır. Bu cihaz "*uManage*" baza stansiyası ilə tam inteqrasiya edilmişdir.

Torpaqda bitkinin kök sistemində sorucu qüvvəsini asanlıqla qeyd edir. Bu cihazın göstəricilərinə əsaslanaraq bitkinin inkişaf mərhələsinə görə suvarmanın planlaması, su və gübrə məsrəfinin qarşısını almaq olur.

Tenzometr cihazının özəlliyi aşağıdakılardır.

- *yüksək dəqiqlik;*
- *səmərəli və etibarlı suvarmanın planlaması;*
- *sahəni kalibirləşdirmədən və torpaqda duzluluq səviyyəsinin təsiri olmadan, torpaqda gərilmə qüvvəsinin ölçülməsi;*
- *qumlu və müxtəlif növlü torpaqlar üçün ayrı-ayrı modeldə olması;*
- *30 sm, 60 sm, 90 sm torpaqda olan dərinlikdə bitkinin kök sisteminin sorucu qüvvəsinə nəzarət;*



Şəkil 8.9 Tenzometrin müxtəlif dərinlikdə göstəriciləri

Tenzometrlə ölçmə 3 əsas məsafədən olur.

Yüksək tenzometr – torpağın üst qatından 30 sm dərinlikdə bitkinin kök sistemi yaxınlığına yerləşdirilməklə bitkinin kök sisteminin ətrafında torpağın gərilmə qüvvəsini qeyd edir.

Orta tenzometr – torpağın üst qatından 60 sm dərinlikdə bitkinin saçaqlı kök sisteminin ətrafında yerləşdirməklə torpağın gərilmə qüvvəsini qeyd edir.

Aşağı tenzometr – torpağın üst qatından 90 sm dərinlikdə bitkinin kök sisteminin altında yerləşdirməklə suyun az və ya çox tətbiq olunmasını, həmçinin torpaqdan suyun süzülmə vəziyyətini gərilmə qüvvəsinin qiyməti ilə bilmək olur.

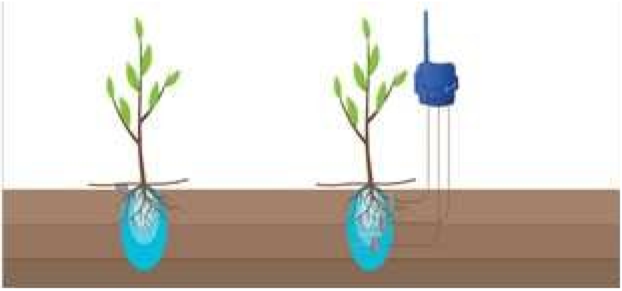
Netasense V2 – torpaqda nəmliyi ölçən sensordur. "*uManage*" proqramçı ilə tam inteqrasiya olunmuşdur.Bu sensor torpaqda suyun miqdarını əks etdirməklə, reflektometriya (TDR) texnologiyası əsasında işləyir.Torpaqda nəmlik səviyyəsini elektromaqnit

dalğalarının dəqiq ölçmə metodu ilə dəyişirlikləri qeyd edir.

Şəkil 8.10 Netasense V2 torpaqda nəmliyi ölçən sensor

Xüsusiyyəti

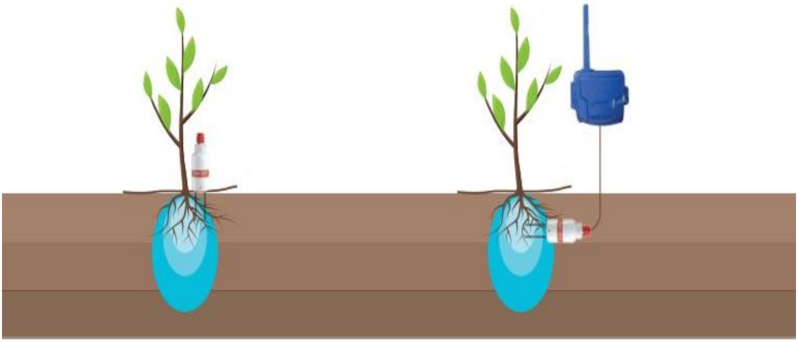
- *paslanmayan poladdan hazırlanmış;*
- *suya davamlı möhürlənmiş elektronik;*
- *yüksək dəqiqlik;*
- *quraşdırılması asan;*
- *uManage ilə inteqrasiya edilmiş;*



Şəkil 8.11 Netasense V2 sensoru

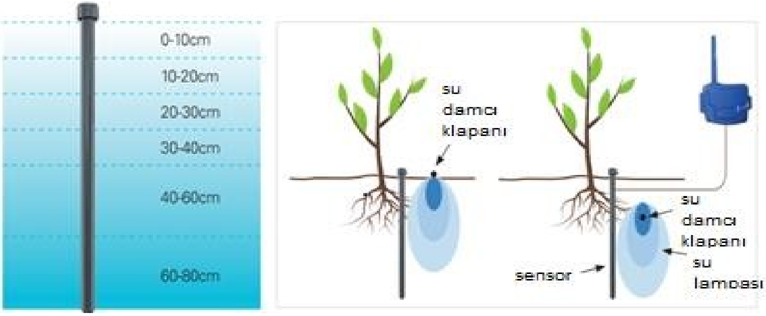
Delta T-SM 150T sensoru - torpağın nəmliyini qeyd edən sensordur.Kalibirlənmiş torpaqlara tətbiq edilir.”*uManage”* proqramçıya tam inteqrasiya

olunmuşdur. 2 ədəd möhürlənmiş metal cubuq plastik gövdə görünüşü ilə yüksək dəqiqliklə qeyd edirlər.



Şəkil 8.12 Delta T-SM 150 T sensoru

"NetaCap" sensoru – torpaqda temperatur ölçən sensordur.Bitkinin kök sisteminin yanında quraşdırılmaqla torpağın alt qatında yaranmış temperaturu qeyd edir. "*uManage"* ilə tam inteqrasiya olunmuşdur.

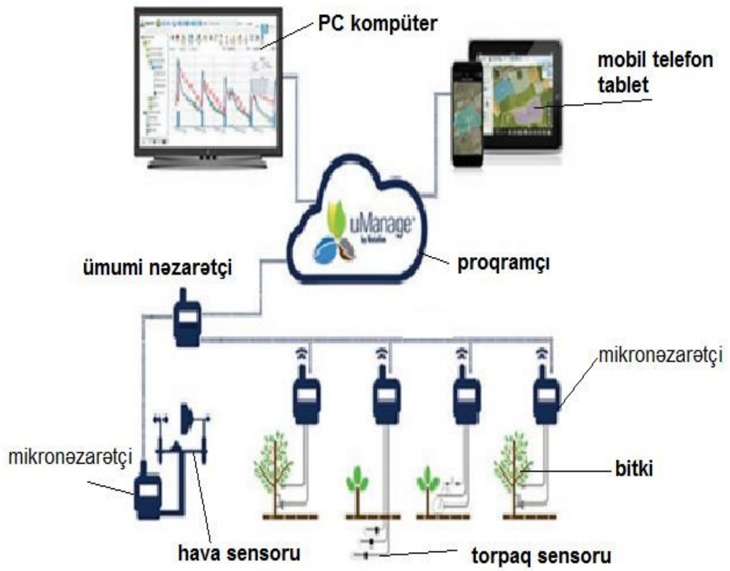


Şəkil 8.13 NetaCap sensoru

8.7 "uManage" ƏSAS NƏZARƏTÇİ

"uManage" – əsas nəzarətçi olub, məhsulun inkişaf mərhələsinə müvafiq suvarma proqramçısıdır.Bütün

sensorlar inteqrasiya tam olunub.Sahədə RF əsaslı simsiz WiFi ilə əlaqə qurub, monitorinqi ilə məlumatları toplamaqla, optimallaşdırıb idarə edir.



Şəkil 8.14 İot smart suvarma sistemində cihazların quraşdırılma sxemi

Nəzarətçilər – bunların əsas fuksiyası mikronəzarətçilərdən alınan ölçmə informasiyaları toplayaraq, mərkəzi stansiyaya (uManage) ötürür. Nəzarətçilər müxtəlif markada ola bilir.

NMC-PRO Controller – nəzarətçi cihazı aşağıdakı xüsusiyyətləri var.

- *250 -ə qədər suvarma klapanını idarə edə bilər;*
- *50 – yə yaxın nəzarət şəbəkəsinə nəzarət edə bilər;*
- *informasiya ötürücülüyü Bluetooth və ya naqillə;*
- *gübrələmə dəqiqliyi;*

Şəkil 8.15 NMC-PRO nəzarətçi

NMC-PRO - ən müasir suvarma nəzarətçisidir.Bu nəzarətçinin həm açıq hava şəraitində, həm də istixana şəraitində tətbiq etmək olar.

NMC –Junior PRO Controller – kiçik həcimli çox funksiyalı suvarma nəzatçisidir.Nəzarətçini həm açıq hava şəraitində, həm də istixana şəraitində tətbiq etmək olar.15 konfuqrasiya üçün çıxışı var.

Şəkil 8.16 NMC – Junior PRO nəzarətçi

8.8 RADİONET MİKRONƏZARƏTÇİ

Radionet – cihazı nəzarəti və nasazlığın kombinasiyalarını əsas nəzarətçi stansiyaya ötürür. Radio bazalı olan cihaz suvarma klapanlarının idarə edilməsində, yeni nəslin göstəricisidir. Nəzarət funksiyaları radio əsaslı platformada yerləşdirilmişdir. Radionet sistemin uzaqdan idarə edilməsində əsas nəzarətçi və proqramçı ilə informasiya mübadiləsində olur.

Naqilsiz idarəetməni təmin edir.Bu cihazın istifadəsi açıq sahələrdə və istixana şəraitində nəzərdə tutulmuşdur.

Xüsusiyyətləri

- *naqilsiz nəzarət və izləmə;*
- *modulluq və əhatəlik;*
- *genişləndirilmiş diapozon;*
- *diaqnostik və etibarlıq;*
- *məxsusi tədqiq üsulu;*
- *müxtəlif şərtlərdə etibarlıq;*

Şəkil 8.17 Radionet mikronəzarətçi

8.9 VANTAGE PRO2 - HAVA STANSİYASI

Real vaxt ərzində hava haqqında informasiyanı *“uManage”* proqramçıya çatdırır.Aşağıdakı əsas funksiyaları var.

1.*Havanın hərarəti*
2.*Nisbi rütubət*
3.*Günəş radiasiyası*
4.*Küləyin sürəti*
5.*Küləyin istiqaməti*
6.*Yağış göstəricisi*
7.Gündəlik yağış sayğacı
8.*ET hesablanması*
9.*Maksimum küləyin sürəti*
10.*Şeh düşməsinin hesablanması*

Şəkil 8.18 VANTAGE PRO2 - Hava stansiyası

8.10 Iot smart suvarma sisteminin enerji təhcizatı

İot smart suvarma sistemi günəş enerjisi ilə təmin olunur.Hesab etsək ki, 12 saat günəş işığının olmasını nəzərə alsaq, onun 5,5 saat faydalı enerjisindən istifadə edə bilərik.Bu enerjinin 80 % -ni elektrik enerjisinə çevirməklə, η = 0,8 olacaqdır.Günəş enerjisindən istifadə %-ni aşağıdakı düsturla hesablaya bilərik.

$$G = (H_d * \eta / n) * 100\ \%$$

Burada: H_d – 1 gündə faydalı günəş işığı olan vaxt,

H_d = 5,5 saat

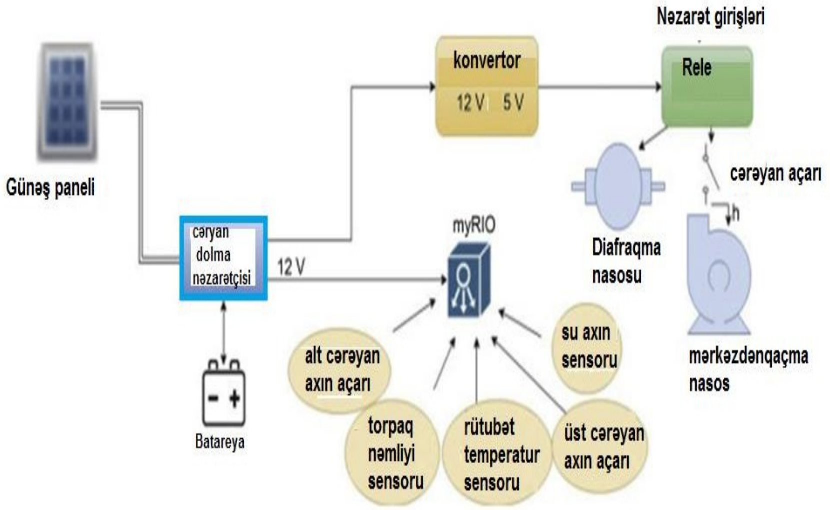
η - elektrik enerjisinə çevirmə əmsalı, η =0,8

n – bir gündə günəş işığı olan ümumi vaxt, n =12 saat

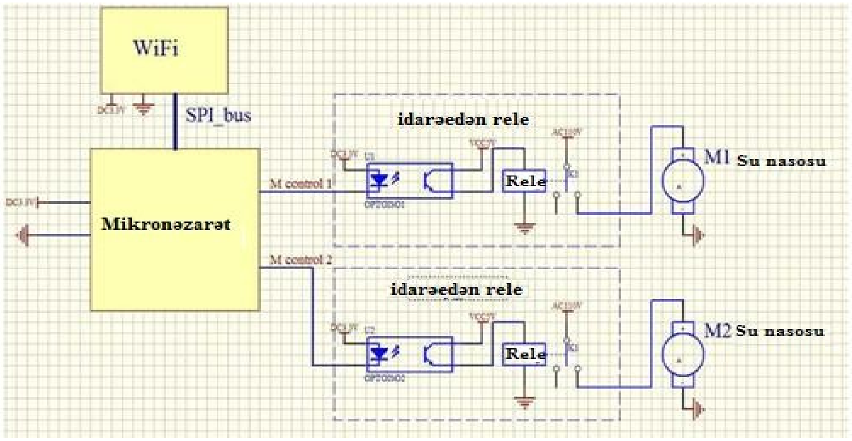
G = 36,67 % günəş enerjisindən istifadə olacaqdır.Bu da sistemi tam təmin edir

Enerji təchizatı aşağıdakı əsas hissələrdən ibarətdir.

1. *Günəş paneli*
2. *Batareya*
3. *Rele*
4. *Cəryan açarı*
5. *Konvertor*



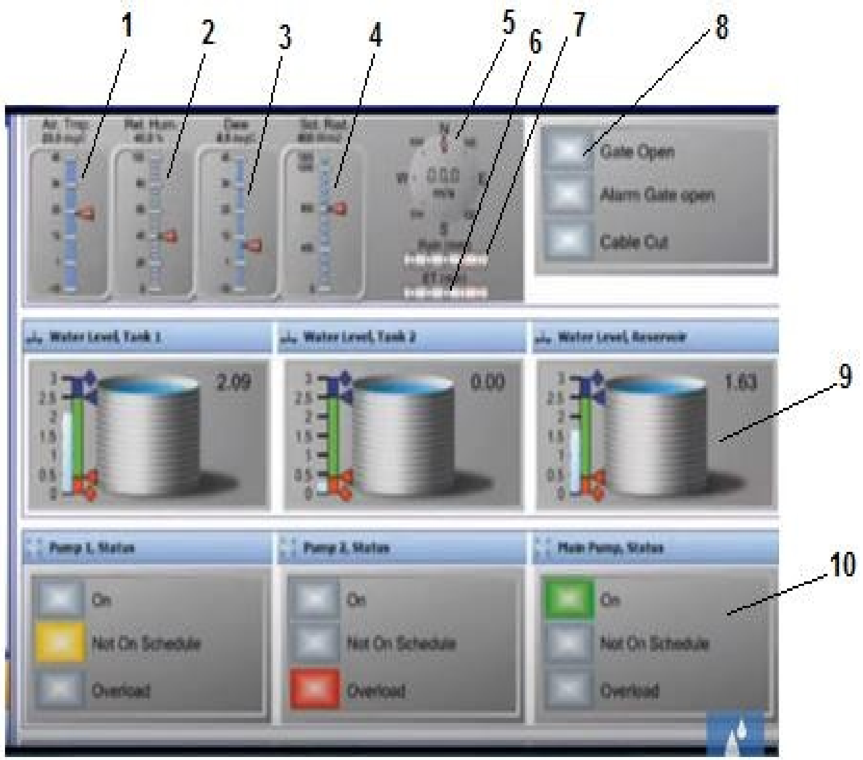
Şəkil 8.19 İot smart suvarma sisteminin enerji təchizatı sxemi



Şəkil 8.20 İot smart sisteminin elektron idarəetmə sxemi

8.11 İOT SMART SUVARMA SİSTEMİNİN KƏNARDAN İDARƏ EDİLMƏSİ

İot smart suvarma sistemi PC fərdi kompüterlərdən və smartfon tipli telefonlarla kənardan nəzarət oluna və ya idarə edilə bilər.



Şəkil 8.21 PC fərdi kompüterdə iot smart suvarma sisteminin idarəetmə göstəriciləri

1 – havanın temperaturu, 2 – nisbi rütubət, 3 – torpağın temperaturu, 4 – torpağın nəmliyi, 5 – küləyin sürəti və istiqaməti, 6 – Evapo-transpirasiyası, 7 – yağış göstəricisi, 8 – xəbərdarlıqlar, 9 – gübrə çənin göstəriciləri, 10 – su nasoslarının vəziyyəti

İot texnologiyası bizə imkan verir ki, suvarmanın və gübrələmənin tələbata uyğun yerinə yetirilməsində istənilən vaxtda və yerdə mümkün olsun. Fermerlərin rahatlığı, məmunluğunu və məhsuldarlığın yüksək olmasını bu innovativ texnologiya təmin edir. PC fərdi kompüterlə nəzarət aşağıdakı şəkildə öz əksini tapmışdır.

DÖRDÜNCÜ SƏNAYE İNQILABI

Təhlil etmək istəyirik ki, "Sənaye 4 inqilabına" keçməzdən əvvəl tarixdən bizə məlum olan üç sənaye inqilabına nəzər yetirək.

"İlk Sənaye İnqilabı" XVIII əsrin sonlarında 1784 –cü ildə bir dönüş nöqtəsi oldu.İlk mexanikləşdirmə toxuculuq sahəsində oldu.Mexanikləşdirmə səviyyəsi inkişafa doğru irəllədi.

"İkinci Sənaye İnqilabı" 1870 –ci ildə baş verdi.Sənaye sektoru həndəsi silsilə ilə inkişaf etdi.

"Üçüncü Sənaye İnqilabı" 1969 –cu ildə oldu.Sənayedə proqramlaşdırma və avtomatlaşdırma tətbiq olunmaqla böyük inkişafa səbəb oldu.

"Dördüncü Sənaye İnqilabı" 2014 –cü ildə daha bir dönüş nöqtəsi olmaqla "ağıllı fabrik" və onlaynla istehsalın idarə edilməsi başlamışdır.

"Dördüncü Sənaye İnqilabı" rəqəmsal texnologiyalar, "süni zəka", İot texnologiyalar, GNSS və RTK sistemləri, PUA –ların və robotların tətbiqi texnologiyaları bu günə qədər inkişaf etdirilməkdədir.

DİTAP

Türkiyyədə Rəqəmsal Kənd Təsərrüfatı Bazarı olan DİTAP, kənd təsərrüfatında rəqəmsallaşdırma adı ilə tətbiq olunan əhəmiyyətli bir layihə olaraq seçilir. "DİTAP, toxumdan məhsula qədər istehsal zəncirinin izlənildiyi, istehsal və tədarükün təmin edildiyi və planlı istehsal edildiyi bazardır.

Həm istehsalçı, həm istehlakçı, həm də sənayedə qalib gəlmək məqsədi ilə Rəqəmsal Kənd Təsərrüfatı Bazarı (DITAP) sayəsində bütün alıcıları və istehsalçıları bir qiymətə bir araya gətirməyi hədəfləyir.

Kənd Təsərrüfatı məhsullarının istehsal zəncirində istehsalından istehlaka qədər aparacaq Rəqəmsal Kənd Təsərrüfatı Bazarını (DİTAP) xidmət edir. Kənd təsərrüfatı məhsullarının tədarükü və tələbinin "rəqəmsal bazar" yanaşması və müqavilə ilə əkinçilik praktikası ilə qarşılanmasını təmin edən DİTAP, istehsalçıya daha çox qazanc əldə etməyə, kənd təsərrüfatı sənayesi və istehlakçının istədiyi keyfiyyətlə kənd təsərrüfatı məhsulunu daha ucuz əldə etməsinə imkan yaradır. www.ditap.gov.t edir DİTAP vasitəsi ilə istifadə edən kənd təsərrüfatı sektorunun maraqlı tərəfləri müqavilə kənd təsərrüfatı çərçivəsində yaradılan bankların dəstəkləyici kredit paketlərindən də faydalana bilərlər.

Ədəbiyyat

1. Leick, A., 2004. GPS satellite surveying. John Wiley &Sons,Inc., USA, pp. 167-169.
2. Grewal, M., Andrews, A., 1993. Kalman filtering: theory andpractice. Prentice-Hall, Englewood Cliffs.
3. Schwarz, K. P., Cannon, M. E., Wong, R. V. C., 1989. Acomparison of GPS kinematic models for the determination ofposition and velocity along a trajectory.ManuscriptaGeodetica(1989) 14: 345-353.
4. Mosavi, M. R., 2005. Comparing DGPS corrections predictionusing neural network, fuzzy neural network, and Kalmanfilter.Springer-Verlag.
5. Mohamed, A. H., Schwarz, K. P., 1998. Adaptive KalmanFiltering for INS/GPS.Journal of Geodesy (1999) 73: 193-203.
6. Castagnetti, C., 2006. Studio e sperimentazionedel GPS inmodalità di posizionamentonavigazionale e in modalitàcinematica.Applicazioneparticolareall'agricolturadiprecisione. University of Modena and Reggio Emilia
7. Auernhammers, H. (1994). GPS in agriculture. Computers and Electronics in Agriculture,11(1).
8. Mureşan, M. (2006). GPS Technology for the Development of Business Information System.RevistaInformaticăEconomică, nr. 4.
9. Țenu, I.,V. Vâlcu and P. Cojocaru (2006). Studiiprivindcondițiile de implementare a conceptului de "Agricultură de precizie", LucrăriŞtiințifice, Universitatea de ŞtiințeAgricoleşiMedicinăVeterinarăIaşi.
10. Sturdivant, R.L. & Chong, E.K.P. 2017, "Systems Engineering Baseline Concept of a Multispectral Drone Detection Solution for Airports", IEEE Access, vol. 5, pp. 7123-7138.
11. Swedavia (2017) *Om Swedavia – Statistik*. https://www.swedavia.se/om-swedavia/statistik/#gref (2017-09-15).
12. Theguardian.com - Datablog (2012) *The world's top 100 airports: listed, ranked and mapped.* https://www.theguardian.com/news/datablog/2012/may/04/world-top-100-airports (2017-09-15).
13. The Guardian (2016) Eagles v drones: Dutch police to take on rogue aircraft with flying squad. The Guardian, September 12. https://www.theguardian.com/world/2016/sep/12/eagles-v-drones-dutch-police-take-on-rogue-aircraft-flying-squad (217-09-25).
14. The port authority of NY & NJ (2017) *Port Authority Aviation Department's 2016 Annual Traffic Report.* http://www.panynj.gov/airports/pdf-traffic/ATR2016.pdf (2017-09-15).
15. Transportstyrelsen (2017) *Drönare*. http://www.transportstyrelsen.se/dronare (2017-09-13). IV
16. 1998:204. *Personuppgiftslag (1998:204)*. Regeringskansliet, Justitiedepartementet L6.
17. 2013:460. *Kameraövervakningslag*.Regeringskansliet, Justitiedepartementet L6. 2016:319. *Lag (2016:319) omskyddförgeografisk information*. Regeringskansliet, Försvarsdepartimentet.
18. 2016/17:182.*Kameraövervakningslagen ochmöjligheternaattanvändadrönare.* Justitiedepartementet.http://www.regeringen.se/498d2d/contentassets/9b07d5b3c2394bdcae560621c39f8dfb/161718200.pdf

19. 2017:55. *En nykamerabevakningslag*. Stockholm, Justitiedepartementet.
20. Atherton, K.D. (2016) SkyWall Is A New Anti-Drone Net Bazooka For Police. Popular science, March 7.http://www.popsci.com/skywall-is-an-anti-drone-net-bazooka (2015-09-25).
21. Austin, R., Books24x7 (e-book collection) &Ebook Central (e-book collection) 2010, *Unmanned aircraft systems: UAVS design, development, and deployment,* 1. Aufl.;2;2nd; edn, Wiley, Chichester, West Sussex, U.K.
22. Bellamy III, W. (2017). US Now Has 60,000 Part 107 Drone Pilots. *www.aviationtoday.com*, 2017-09-7 http://www.aviationtoday.com/2017/09/07/us-now-60000-part-107-drone-pilots/ (2017-09-14).
23. Borkhataria, C. 2017, How Australia's new shark-detecting drones spot the difference between human swimmers and underwater threats. *Dailymail.com*, 2017-04-21 http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-4434108/Australia-s-shark-detecting-drones-protect-swimmers.html (2017-09-13).
24. Carlsson, A. (2017) Pilotfacket: Någonmåste ta ansvarförproblemet med drönare, *Flygtornet.se*, 2017-08-18.
http://www.flygtorget.se/Aktuellt/Artikel/?Id=12240 (2017-09-13).
25. Colorado, J., Devia, C., Perez, M., Mondragon, I., Mendez, D. & Parra, C. 2017, "Low-altitude autonomous drone navigation for landmine detection purposes", IEEE, , pp. 540.
26. Datainspektionen (2016) *Datainspektionentydliggörvadsomgällerfördrönare.* http://www.datainspektionen.se/press/nyheter/2016/datainspektionen-tydliggor-vad-som-galler-for-dronare/ (2017-09-13).
27. Evans & Annunziata (2012) Industrial internet: Pushing the Boundaries of Minds and Machines http://files.gereports.com/wp-content/uploads/2012/11/ge-industrial-internet-vision-paper.pdf (2017-09-21)
28. Federal Aviation Administration (2017) *Getting started*.
https://www.faa.gov/uas/getting_started/ (2017-09-13).

29. Bresciano, T.: Modelling, Identification and Control of a Quadrotor Helicopter. M.Sc. Thesis. Department of Automatic Control, Lund University, 2008,
30. Harrison, H.R. and Nettleton, T.: Advanced Engineering Dynamics. Arnold, London, 1997,
31. Ardema, M.D.: Newton-Euler Dynamics. Springer, New York, 2005,
32. Luukkonen, T.: Modelling and Control of a Quadcopter. Mat-2.4108, School of Science, Espoo, 2011,
33. Magnussen, Ø. and Skjønhaug, K.E.: Modelling, Design and Experimental Study for a Quadcopter System Construction. Department of Engineering Sciences – University of Agder, Kristiansand &Grimstad, 2011,
34. Beard, R.W.: Quadrotor Dynamics and Control. Brigham Young University, Provo, 2008,
35. Raza, S.A.: Intelligent Flight Control of an Autonomous Quadrotor. In: Casolo, F, ed.: Motion Control. University of Ottawa, Ottawa, p.580, 2010, http://dx.doi.org/10.5772/6968,
36. Kasać, J.; Stevanović, S.; Žilić, T. and Stepanić, J.: Robust Output Tracking Control of a Quadrotor in the Presence of External Disturbances. Transactions of FAMENA 37(4), 29-42, 2013,
37. Naidoo, Y.; Stopforth, R. and Bright, G.: Quad-Rotor Unmanned Aerial Vehicle Helicopter Modelling& Control. International Journal of Advanced Robotic Systems 8(4), 139-149, 2011, http://dx.doi.org/10.5772/45710,

38. Ćosić, J.; Ćurković, P.; Kasać, J. and Stepanić, J.: Interpreting Development of Unmanned Aerial Vehicles Using Systems Thinking. Interdisciplinary Description of Complex Systems 11(1), 143-152, 2013, http://dx.doi.org/10.7906/indecs.11.1.12.
39. Stankovic, J.A. Research directions for the internet of things. IEEE Internet Things J. 2014, 1, 3–9. [CrossRef]
40. Routray, S.K.; Sharmila, K.P. Green initiatives in IoT. In Proceedings of the 3rd IEEE International Conference
on Advances in Electrical and Electronics, Information, Communication and Bio-Informatics (AEEICB 2017),
Chennai, India, 27–28 February 2017; pp. 454–457. [CrossRef]
41. Nasiri, M.; Tura, N.; Ojanen, V. Developing Disruptive Innovations for Sustainability: A Review on
Impact of Internet of Things (IOT). In Proceedings of the 2017 Portland International Conference on
Management of Engineering and Technology (PICMET), Portland, OR, USA, 9–13 July 2017; Available online:
https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8125369 (accessed on 4 March 2020).
42. Kane, J.; Tang, B.; Chen, Z.; Yan, J.; Wei, T.; He, H.; Yang, Q. Reflex-tree: A biologically inspired parallel
architecture for future smart cities. In Proceedings of the 2015 44th International Conference on Parallel
Processing, Beijing, China, 1–4 September 2015; pp. 360–369. [CrossRef]
43. Brisimi, T.S.; Cassandras, C.G.; Osgood, C.; Paschalidis, I.C.; Zhang, Y. Sensing and Classifying Roadway
Obstacles in Smart Cities: The Street Bump System. IEEE Access 2016, 4, 1301–1312. [CrossRef]
44. United States Environmental Protection Agency. Why Save Water? Statistics and Facts. 2018. Available
online: https://www.epa.gov/watersense/statistics-and-facts (accessed on 4 March 2020).
45. Gloria, A.; Dionisio, C.; Simões, G.; Sebastião, P.; Souto, N. WSN Application for Sustainable Water
Management in Irrigation Systems. In Proceedings of the 5th IEEE World Forum on Internet of Things
(WF-IoT 2019), Limerick, Ireland, 15–18 April 2019; pp. 833–836.
46. Roselin, A.R.; Jawahar, A. Smart agro system using wireless sensor networks. In Proceedings of the
2017 International Conference on Intelligent Computing and Control Systems (ICICCS), Madurai, India,
15–16 June 2017; pp. 400–403. [CrossRef]
47. Mondal, A.; Misra, I.S.; Bose, S. Building A Low Cost Solution using Wireless Sensor Network for Agriculture
Application. In Proceedings of the 2017 International Conference on Innovations in Electronics, Signal
Processing and Communication (IESC), Shillong, India, 6–7 April 2017; pp. 60–65.
48. Savic, T.; Milutin, R. WSN Architecture for Smart Irrigation System. In Proceedings of the 23rd International
Scientific-Professional Conference on Information Technology (IT), Zabljak, Montenegro, 19–24 February
2018; pp. 1–4.

Mündəricat

Ön söz..7
Rəqəmsal texnologiyaların dünyada əhəmiyyəti.................10
Ağıllı (smart) kənd təsərrüfatı...12
Dəqiq əkinçilik...13
1.Rəqəmsal texnologiyalar..14
1.1 VRT Dəyişən norma texnologiyası....................................14
1.2 VRA Dəyişən norma tətbiqi texnologiyası ilə
dəqiq toxum səpini...21
1.3 VRA Dəyişən norma tətbiqi texnologiyası ilə
alaq otlara qarşı mübarizə...22
2. Pilotsuz uçan aparatlar 26
2.1 Dronlar, multikopterlər..26
2.2 Multikopterlərin ölçü təsnifatı..27
2.3 Dron texnologiyası...28
2.4 Dronun fəzada əsas dörd hərəkət vəziyyəti.......................30
2.5 Multikopterlərin texniki səciyyələri..................................34
2.6 Kiçik kənd təsərrüfatı dronları..37
2.7 Dron texnologiyası ilə aqrokimyəvi maddələrin
aerozol halda çilənməsinin riyazi hesabatı.......................38
2.8 Dronlarda optik kamera və sensor növləri........................40
2.9 Sensorların və NDVI xəritələrin təhlili.............................45
2.10 Multispektral və hiperspektral görüntülərin NDVI
xəritələrində təhlili və qiymətləndirilməsi.......................48
2.10.1 Fotosentetik işıq nisbəti (indeksi)................................50
2.10.2 Bitki piqment nisbəti (indeksi).....................................50
2.10.3 Qırmızı rəngli indeks (torpaq təsnifatı)........................51
2.11 LİDAR texnologiyası..54
3. Rotorlu dronun riyazi nəzəriyyəsi....................................60
3.1 Quadrokopterin riyazi modelləşdirilməsi..........................62
3.2 Quadrokopterin koordinat sistemləri.................................62
3.3 Quadrokopterin kinematikası...65
3.4 Quadrokopter dinamikası: Nyuton-Eyler metodu.............67
3.5 Qravitasiya vektoru...68
3.6 Giroskopik fırlanma momenti vektoru..............................69
3.7 Hərəkət vektoru..70
3.8 Hibrit koordinat sistemində Nyuton-Eyler

nəzəriyyəsi (F^H)..74
3.9 Dronların riyazi hesabatı..75
4. GNSS – Qlobal Naviqasiya Peyk Sistemi..........................77
4.1 GİS – Coğrafi İnformasiya Sistemi....................................79
4.2 GNSS – texnologiyası ilə çəkilən NDVI xəritələri............80
4.3 RTK – Real Vaxt Kinematikası..81
4.4 PPP – Dəqiq Nöqtə Mövqe Təyinatı..................................83
5. Aqreqatın idarəedilməsində GPS –sisteminin tətbiqi..........84
5.1 GPS – sistem ilə aqreqatın idarə edilməsi..........................84
5.2. Torpağın əsas və səpinqabağı becərilməsi.........................87
5.3. Toxum səpini...90
5.4. Gübrələmə..94
5.5. Məhsul yığımı...96
5.6. Yamaclarda GPS – sisteminin tətbiqi................................97
5.7 .Naviqatorlar...99
5.8.GPS – qəbulediciləri..103
5.9 Avtopilot sükan idarəetmə cihazı.....................................105
5.10.Naviqatorlarla avtomatik idarəetmə rejiminin
qoşulma ardıcıllığı...107
5.11 GPS – sistemində diferensial düzəliş dəqiqliyi..............111
6.GPS – server.net xidmətindən dəqiq
əkinçiliyə tətbiqi 113
6.1 Naviqasiya sistemində düzəliş dəqiqliyinin
riyazi nəzəriyyəsi...114
6.2 GPS –sistemində aqreqatın sabit sürət modeli.................116
7. Robotlarin kənd təsərrüfatina tətbiqi..............................120
7.1 Sensorlar...123
7.2 İdrak və nəzarət sistemi...124
8. Rəqəmsal suvarma texnologiyası......................................137
8.1 Dəqiq suvarma..137
8.1.1 Evapo-transpirasiya metodu ilə dəqiq
suvarmanın planlaması...139
8.2 İOT texnologiyası..144
8.3 Dəqiq suvarmaya İOT texnologiyasının tətbiqi...............145
8.4 İOT smart suvarma sistemin texnoloji iş prosesi.............147
8.5 Sensorlar...150
8.6 Tenzometr...151

8.7 “uManage” Əsas nəzarətçi 154
8.8 “Radionet” Mikronəzarətçi 157
8.9 “Vantag Pro2” Hava stansiyası 159
8.10 İOT smart suvarma sisteminin enerji təhcizatı 160

8.11 İOT smart suvarma sisteminin
kənardan idarə edilməsi 162
Dördüncü sənaye inqilabi 164
DİTAP 165
Ədəbiyyat 166

Kompüter operatoru Ə.Həsənova

Kağız formatı A5 (148x210)
Kağız №1, uçot çap vərəqi 10,4 ç.v
Sifariş № 23, tiraj -100

“Aqromexanika” ET İnstitutu
Əziz Əliyev 93