



## AZƏRBAYCAN ELM FONDU

Azərbaycan Elm Fondunun  
“Qarabağ Azərbaycandır” məqsədli qrant  
müsabiqəsinin (AEF-MQM-QA-1-2021-4(41) qalibi  
olmuş layihənin yerinə yetirilməsi üzrə aralıq  
(rüblük olaraq 7-ci mərhələ)

### ELMİ-TEXNİKİ HESABAT

Layihənin adı: **İşğaldan azad olunmuş ərazilərdə kənd təsərrüfatının inkişafı üçün əşyaların interneti (IoT) İntellektual sisteminin qurulması və tətbiqi**

Layihə rəhbərinin soyadı, adı və atasının adı: **Əliyev Elçin Rəşid oğlu**

Layihənin nömrəsi: **AEF-MQM-QA-1-2021-4(41)-8/04/1-M-04**

Müqavilənin imzalanma tarixi: **22 noyabr 2022-ci il**

Qrant layihəsinin yerinə yetirilmə müddəti: **24 ay**

Layihənin icra müddəti (başlama və bitmə tarixi): **01 dekabr 2022-ci il - 01 dekabr 2024-cü il**

**1** Layihənin həyata keçirilməsi üzrə cari rübdə yerinə yetirilmiş **elmi işlər**  
**İntellektual sistemin Data Mərkəzində toplanmış məlumatların emalı metodunun işlənilib hazırlanması**

Mərhələ üzrə aşağıdakı işlər görülmüşdür:

- 1) Oxşar intellektual sistemlərdə istifadə olunan məlumatların emalı metodlarının araşdırılması, qərarqəbuletmə məsələlərinin həlli üçün müxtəlif statistik metodların, maşınla təlim və süni intellekt metodlarının seçilməsi;
- 2) Müxtəlif data modellərinin qurulması, məlumatların emalı üçün üsul və alqoritmlərinin hazırlanması, onların dəqiqliyinin qiymətləndirilməsi və nəticələrin vizuallaşdırılması;
- 3) Kənd təsərrüfatı əkinlərinin məhsuldarlığının proqnozlaşdırılması, bitki xəstəliklərinin müəyyənləşdirilməsi və suvarmanın optimallaşdırılması üzrə tövsiyələrin hazırlanması.

#### **1. Məlumatların toplanması altsisteminin arxitekturası**

##### **1.1. Məlumat mənbələri**

Məlumatların toplanması sistemi tarlalarda və istixanalarda yerləşdirilən geniş çeşidli sensorlara əsaslanır. Hər bir sensor xüsusi ekoloji parametrləri və bitkilərin vəziyyətini ölçmək üçün nəzərdə tutulmuşdur. İntellektual sistemin yaradılmasında aşağıdakı əsas tip sensorlardan istifadə olunmuşdur:

- **Torpaq sensorları:**

- Torpağın rütubətini ölçən sensor: bu sensorla suvarmanı optimallaşdırmaq üçün

torpağın müxtəlif təbəqələrinin rütubəti ölçülür.

- Torpağın temperaturunu ölçən sensor: bu sensor vasitəsilə bitki köklərinin böyüməsinə təsir edən torpağın istiliyinə nəzarət edilir.
- Torpağın pH göstəricisi sensoru: lazım olan gübrələri seçmək üçün torpağın turşuluğunu ölçür.
- Torpaq NPK sensoru: bitki qidalanmasına nəzarət etmək üçün əsas qida maddələrinin (azot, fosfor, kalium) torpağın tərkibindəki miqdarını ölçür.
- **Atmosfer sensorları:**
  - Temperatur və rütubət sensoru: bitkilərin böyüməsinə təsir edən meteoroloji şəraitə nəzarət edir.
  - Atmosfer təzyiği sensoru: havanı proqnozlaşdırmaq və müvafiq tədbirlər görmək üçün istifadə olunur.
  - İşıqlandırma sensoru: bitki fotosintezi üçün tələb olunan işığın intensivliyini ölçür.
  - Havanın keyfiyyətinə nəzarət sensoru: bitki sağlamlığına təsir edən havanın çirklənməsinin (toz, zərərli qazlar) səviyyəsini müəyyən edir.
- **Bitki sensorları:**
  - Yarpağın rütubətini və temperaturunu ölçən sensor: Bitki sağlamlığına yarpaq səviyyəsində nəzarətin həyata keçirilməsi üçün istifadə olunur.
  - Xlorofil sensorları: fotosintetik aktivlik səviyyəsinin müəyyən olunması üçün istifadə olunur.

## 1.2. Məlumat toplama şəbəkəsi NB - IoT

Məlumatları sensorlardan mərkəzi serverə ötürmək üçün dar zolaqlı LPWAN (Low-Power Wide-Area Network) texnologiyasından istifadə olunur. Bu texnologiya aşağıdakı üstünlüklərə malikdir:

- **Aşağı enerji istehlakı**: sensorların kiçik batareyalarda uzun müddət işləməsinə imkan verir.
- **Böyük radiusda fəaliyyət**: Geniş ərazilərin əhatə olunmasına imkan verir.
- **Yüksək buraxılış qabiliyyəti**: məlumatı kifayət qədər sürətlə ötürməyə imkan verir.
- **Siqnal sabitliyi**: Otaqda aşağı işıqlandırma şəraitində belə məlumatların etibarlı şəkildə ötürülməsini təmin edir.

Hər bir sensor NB - IoT modulu ilə təchiz olunmuşdur, bu modul vaxtaşırı olaraq sensorlardan məlumatları toplayır və onu ən yaxın NB - IoT baza stansiyasına ötürür . Daha sonra məlumatlar mobil operatorun şəbəkəsi vasitəsilə mərkəzi serverə ötürülür.

## 1.3. PostgreSQL verilənlər bazası

Sensorlardan daxil olan məlumatların saxlanması üçün PostgreSQL relyasiyalı verilənlər bazasından istifadə olunur. PostgreSQL aşağıdakı üstünlükləri təmin edir:

- **Yüksək etibarlılıq**: məlumatların bütövlüyünü və səhvlərə dayanıqlığını təmin edir.
- **Çeviklik**: mürəkkəb verilənlər strukturu yaratmağa və müxtəlif sorğuları yerinə yetirməyə imkan verir.
- **Miqyaslanabilmə**: yüksək məhsuldarlığı saxlamaqla böyük həcmdə məlumatları emal edə bilir.
- **Açıq mənbə: heç bir haqq ödəmədən** istifadəni təmin edir və kastomizasiya üçün geniş imkanlara malikdir.

Məlumatlar PostgreSQL bazasında strukturlaşdırılmış şəkildə saxlanılır ki, bu da məlumatları asanlıqla təhlil etməyə və lazım olan məlumatın bazadan alınmasını təmin edir. Verilənlər bazasındakı hər bir yazı müəyyən bir sensora uyğundur və vaxt möhürü, ölçülən qiyməti və digər metadatanı özündə saxlayır.

#### 1.4. Məlumatların toplanması tezliyi

Məlumatlar gündə bir dəfə olmaqla ötürülür. Bu rejim aşağıdakı amillər nəzərə alınmaqla seçilmişdir:

- **Sensor növləri:** Əksər sensorlar üçün gündə bir dəfə ölçmək kifayət edir.
- **Enerji istehlakı:** Məlumatı əldə etmə tezliyinin azaldılması sensorun batareyasının ömrünü uzatmağa imkan verir.
- **Məlumatın həcmi:** Ötürülən məlumatların miqdarının azaldılması şəbəkəyə və serverə düşən yükü azaldır.

#### 1.5. Sistemin ümumi arxitekturası

Sistemin ümumi arxitekturası aşağıdakı elementlərdən ibarətdir:

1. **Sensorlar:** Tarlalara və istixanalara yerləşdirilərək müxtəlif parametrlər üzrə məlumatların alınmasını təmin edirlər.
2. **NB - IoT modulları:** məlumatları sensordan alıb baza stansiyasına ötürürlər.
3. **NB – IoT baza stansiyası:** sensorlardan məlumatları qəbul edir və serverə ötürür.
4. **Mobil operator şəbəkəsi:** Baza stansiyası ilə server arasında məlumat ötürülməsini təmin edir.
5. **Server:** məlumatları qəbul edir, PostgreSQL verilənlər bazasında saxlayır və məlumatların emalı və təhlilini həyata keçirir.
6. **İstifadəçi interfeysi:** istifadəçilərə məlumat və təhlil nəticələrinə çıxışı təmin edir.

## 2 Məlumatların emalı məqsədləri

### 2.1. Açıq sahələr üçün

Açıq sahələrdə quraşdırılmış sensorlardan məlumatların toplanması və təhlili aşağıdakı problemləri həll etməyə imkan verir:

- **Optimal suvarmanın təmin olunması:**
  - Torpağın rütubətindən, havanın temperaturundan və digər amillərdən asılı olaraq optimal suvarma tezliyinin müəyyən edilməsi.
  - Suvarma üçün tələb olunan suyun həcmnin hesablanması və nəticədə su itkilərinin minimuma endirilməsi və həddən artıq suvarılmanın və ya quraqlığın qarşısının alınması.
  - Torpağın və becərilən bitkilərin xüsusiyyətlərini nəzərə almaqla əkin sahəsinin müxtəlif sahələri üçün fərdi suvarma qrafiklərinin işlənilib hazırlanması.
- **Gübrə seçimi:**
  - Torpağın tərkibinin təhlili və qida maddələrinin çatışmazlığının müəyyənləşdirilməsi.
  - Hər bir bitki və onun inkişaf mərhələsi üçün gübrələrin optimal növlərinin və dozalarının seçilməsi.
  - Hava şəraitini və bitkinin vəziyyətini nəzərə alaraq gübrələmə planının tərtib edilməsi.
- **Bitki xəstəliklərinin təhlili:**
  - Fizioloji parametrlərin (yarpaqların temperaturu, rütubəti, xlorofil tərkibi) dəyişməsinə izləməklə bitkilərdə yaranan xəstəliklərin əlamətlərinin erkən aşkarlanması.
  - Xəstəliyin növünün müəyyən edilməsi və effektiv mübarizə üsullarının seçilməsi.
  - Xəstəliklərin yayılmasının monitorinq edilməsi və epidemiyaların proqnozlaşdırılması.
- **Məhsuldarlığın proqnozlaşdırılması:**
  - Tarixçə məlumatları və cari meteoroloji şərait əsasında məhsuldarlığın proqnozlaşdırılması modellərinin işlənilib hazırlanması.
  - Müxtəlif amillərin məhsuldarlığa təsirinin qiymətləndirilməsi (hava şəraiti, torpağın keyfiyyəti, bitki sortları).

- Kənd təsərrüfatı məhsullarının istehsalı və satışının planlaşdırılması.

## 2.2. İstixanalar üçün

İstixanalarda toplanan məlumatlar aşağıdakı məqsədlər üçün istifadə olunur:

- **Mikroiqlimə nəzarətin həyata keçirilməsi:**
  - Bitkilərin inkişafı üçün əlverişli şərait yaratmaq məqsədilə optimal temperatur və rütubətin saxlanması.
  - İstilik, havalandırma və havanı nəmləndirmə sistemlərinin avtomatik tənzimlənməsi.
  - Əlverişsiz iqlim şəraiti ilə əlaqəli xəstəliklərin inkişafının qarşısının alınması.
- **İşıqlandırmanın optimallaşdırılması:**
  - Bitkilərin inkişaf mərhələsindən və ilin vaxtından asılı olaraq işıqlandırmanın intensivliyinin və müddətinin tənzimlənməsi.
  - Qışda təbii işığın çatışmazlığını kompensasiya etmək üçün süni işıqlandırmadan istifadə edilməsi.
  - Fotosintez üçün optimal şəraitin yaradılması.
- **Torpağın tərkibində qida maddələrinin tərkibinə nəzarətin həyata keçirilməsi:**
  - Torpaqdakı qida səviyyəsinin izlənilməsi və lazım olduqda gübrələnmənin təmin olunması.
  - Torpaqda duzların və digər zərərli maddələrin yığılmasının qarşısının alınması.
  - Gübrə istifadəsinin optimallaşdırılması və xərclərin azaldılması.

**Ümumiyyətlə, sensorlardan əldə edilən məlumatların emalı aşağıdakıları təmin edən intellektual kənd təsərrüfatı istehsalını idarəetmə sistemi yaratmağa imkan verir:**

- **Məhsuldarlığın artırılması:** bitkilərin becərmə şəraitini optimallaşdırmaqla.
- **Xərclərin azaldılması:** resurslardan (su, gübrə, enerji) səmərəli istifadə yolu ilə.
- **Məhsulun keyfiyyətinin yüksəldilməsi:** becərmənin bütün mərhələlərinə nəzarət yolu ilə.
- **Ətraf mühitə mənfi təsirlərin azaldılması:** kimyəvi maddələrin istifadəsini minimuma endirmək və su istehlakını optimallaşdırmaqla.

## 3. Məlumatların emalı üsulları

### 3.1. Statistik təhlil

Sensorlardan toplanan məlumatların statistik təhlili müxtəlif parametrlər arasında nümunələri, meylləri və əlaqələri aşkar edir. Statistik təhlilin aşağıdakı əsas üsullarından istifadə olunur:

- **Təsviri statistika:**
  - Hər bir parametr (temperatur, rütubət və s.) üzrə orta qiymətlərin, medianların, rejimlərin və məlumatların paylanması digər xüsusiyyətlərinin hesablanması.
  - Məlumat dəyişkənliyini qiymətləndirmək üçün diapazonu, dispersiyanı və standart kənarlaşmanın müəyyənləşdirilməsi.
- **Korrelasiya təhlili:**
  - Müxtəlif parametrlər arasında xətti və qeyri-xətti asılılıqların müəyyən edilməsi (məsələn, məhsuldarlığın işıq səviyyəsindən asılılığı).
  - Korrelasiya əlaqələrinin gücünün və istiqamətinin qiymətləndirilməsi.
- **Proqnozlaşdırma:**
  - **Zaman sıraları:**

ARIMA (AutoRegressive Integrated Moving Average) və Holt-Winters modelləri tarixçə məlumatlarına əsaslanaraq zaman sıralarının gələcək qiymətlərini (məsələn, temperatur, rütubət) proqnozlaşdırmaq

üçün istifadə olunur. Bu modellər mövsümliliyi, tendensiyaları və verilənlərin təsadüfi dəyişmələrini nəzərə alır.

- **Regressiya analizi:**

Məqsəd dəyişəninin (məsələn, məhsuldarlıq) bir neçə asılı olmayan dəyişəndən (temperatur, rütubət, gübrələnmə səviyyəsi) asılılığını təsvir edən riyazi model qurmağa imkan verir.

Giriş verilənlərinin qiymətlərinə əsaslanaraq gəliri proqnozlaşdırmaq üçün istifadə olunur.

### 3.2. Məlumatların vizuallaşdırılması

Məlumatların vizuallaşdırılması təhlil nəticələrinin başa düşülməsində və şərhində mühüm rol oynayır. Əsasən aşağıdakı tip qrafiklər istifadə olunur:

- **Zaman sırası qrafikləri:**
  - Müxtəlif parametrlərdəki dəyişikliklərin dinamikasını zaman çərçivəsində izləməyə imkan verir (məsələn, vegetasiya dövründə torpağın temperaturunun dəyişməsi).
  - Mövsümi dəyişmələri, meylləri və anomaliyaları müəyyən etməyə imkan verir.
- **Səpələnmə diaqramları:**
  - İki dəyişən arasındakı əlaqəni təsvir edir.
  - Korrelyasiya gücünü və istiqamətini qiymətləndirməyə imkan verir.
- **İstiliyə nəzarət xəritələri:**
  - Bir tarlada və ya istixanada hər hansı bir parametrin qiymətlərinin məkan paylanmasını vizualizasiya edir.
  - Qeyri-bircinslikləri (homogen) və anomaliyaları müəyyən etməyə imkan yaradır.

### 3.3. Digər maşın öyrənmə metodları

Yuxarıda sadalanan üsullara əlavə olaraq, məlumatların təhlilində digər maşın öyrənmə alqoritmlərindən də istifadə olunur:

- **Neyron şəbəkələri:**
  - Böyük həcmli məlumatlar əsasında öyrədilmə və təsvirin tanınması kimi mürəkkəb problemləri həll edə bilən modellər (məsələn, bitkilərdə zərərvericilərin aşkarlanması).
- **Dərin öyrənmə:**
  - Böyük həcmli məlumatlar əsasında problemləri həll etmək üçün çoxqatlı neyron şəbəkələrdən istifadə edən maşın öyrədilməsinin alt sahəsi.
  - Şəkilləri, videoları və mətn məlumatlarını təhlil etmək üçün istifadə olunur.

### 3.4. Təhlil üsullarının təcrübədə tətbiqi

- **Məhsuldarlığın proqnozlaşdırılması:** Məhsuldarlığı hava, torpaq növü, bitki növü və gübrələnmə səviyyəsi kimi amillərlə əlaqələndirən regressiya və ya zaman sırası modeli qurulur.
- **Suvarmanın optimallaşdırılması:** suvarmanın optimal rejimini müəyyənləşdirmək üçün torpağın rütubəti, buxarlanma və yağıntılar haqqında məlumatlar təhlil edilir.
- **Bitki xəstəliklərinin aşkarlanması:** Bitki təsvirlərindən və ya fizioloji parametrlərdəki dəyişikliklər əsasında xəstəlikləri müəyyənləşdirmək üçün təsnifat alqoritmlərindən istifadə edilir.
- **Müxtəlif məhsuldarlıq zonalarının müəyyən edilməsi:** Məhsuldarlıq xəritələrini yaratmaq üçün torpağın tərkibi və məhsuldarlıq məlumatları təhlil edilir.

Bu üsulların istifadə etməklə bitkilərin sağlamlığı, torpağın və iqlimin vəziyyəti haqqında dəyərli məlumat alınır ki, bu da öz növbəsində kənd təsərrüfatı istehsalının optimallaşdırılması üçün əsaslandırılmış qərarların qəbul edilməsinə kömək edir.

#### 4 . Alınan nəticələr

##### 4.1. Açıq sahələr üçün

**Açıq sahələr üçün sensorlardan toplanmış məlumatları emal etdikdən sonra aşağıdakı nəticələr əldə edilə bilər:**

- **Məhsuldarlığın proqnozlaşdırılması modelləri:**
  - Hazırlanmış modellər (məsələn, ARIMA, rəqressiya) müəyyən dəqiqliklə məhsuldarlığı proqnozlaşdırmağa imkan verir.
  - Modelin dəqiqliyi orta kvadratik xəta (RMSE), orta mütləq xəta (MAE) və determinasiya əmsali (R-kvadrat) kimi metriklərdən istifadə etməklə qiymətləndirilir.
  - Məhsuldarlıq proqnozları əkinlərin və məhsul satışının planlaşdırması və resurslardan istifadəni optimallaşdırmağa imkan verir.
- **Suvarmanın optimallaşdırılması üçün tövsiyələr:**
  - Torpağın rütubəti, buxarlanması və bitki ehtiyacları haqqında məlumatların təhlili əsasında optimal suvarma qrafikləri tərtib edilir. Bu isə su xərclərini azaldır, həddən artıq suvarmanın və ya quraqlığın qarşısını alır və məhsuldarlığı artırır.
- **Gübrələrin verilməsi üçün tövsiyələr:**
  - Torpağın tərkibi, məhsuldarlığı və bitki ehtiyacları haqqında məlumatlar təhlil olunur və nəticədə gübrələrin növlərini və dozalarını optimal şəkildə müəyyənləşdirmək imkanı yaranır.
  - Torpağın məkan heterogenliyi nəzərə alınmaqla gübrələrin tətbiqi xəritələri hazırlanır və nəticədə gübrələrdən istifadənin səmərəliliyi artır və onların ətraf mühitə mənfi təsiri azalır.
- **Bitki xəstəliklərinin təhlili nəticələri:**
  - Təsvirlərin və ya fizioloji parametrlərin təhlili əsasında bitki xəstəliklərinin erkən aşkarlanması sistemləri hazırlanmışdır.
  - Müəyyən bir bölgədə bitkilərdə ən çox yayılmış xəstəliklər müəyyən edilmiş və onların qarşısının alınması və müalicəsi üçün tövsiyələr hazırlanmışdır.
  - Yuxarıda göstərilən tədbirlərin sayəsində məhsul itkisini azaltmaq və məhsulun keyfiyyətini yaxşılaşdırmaq imkanları yaranmışdır.

##### 4.2 . İstixanalar üçün həyata keçirilmiş tədbirlər

- **Optimal mikroiqlim parametrləri:**
  - Müxtəlif bitkilər və onların inkişaf mərhələləri üçün temperatur, rütubət və digər mikroiqlim parametrlərinin optimal dəyərləri müəyyən edilmişdir.
  - Bitkilərin inkişafı üçün rahat şəraitin yaradılmasını təmin etmək üçün mikroiqlimi avtomatik idarə etmək üçün alqoritmlər hazırlanmışdır.
- **İşıqlandırma tövsiyələri:**
  - Gündüz saatlarının uzunluğu və işığın intensivliyi nəzərə alınmaqla müxtəlif bitkilər üçün optimal işıqlandırma rejimləri müəyyən edilmişdir.
  - Təbii işığın çatışmazlığını kompensasiya etmək və məhsuldarlığı artırmaq üçün süni işıqlandırmaya nəzarət sistemləri hazırlanmışdır.
- **İqtisadi səmərə:**
  - Sistemin tətbiqinin iqtisadi səmərəsinin qiymətləndirilməsi enerji, su, gübrə və pestisidlərə çəkilən xərclərin azaldılmasını, həmçinin məhsuldarlığın artırılmasını və məhsulun keyfiyyətinin yaxşılaşdırılmasını nəzərdə tutur.
  - Sistemin tətbiqi nəticəsində kənd təsərrüfatı istehsalının rentabelliyyətinin yüksəldilməsini

gözləmək olar.

Gəlirin proqnozlaşdırılması nəticələri üzrə nümunə

| Bitki növü | Faktiki məhsuldarlıq | Proqnozlaşdırılan məhsuldarlıq | Proqnoz xətası |
|------------|----------------------|--------------------------------|----------------|
| buğda      | 50 c/ ha             | 48 c/ ha                       | -2 c/ ha       |
| arpa       | 45 c/ ha             | 47 c/ ha                       | +2 c/ ha       |

Burada c/ha – hektara düşən məhsuldarlığın sentnerlə ifadəsidir

## 5. Alınan nəticələrin təhlili və xülasə

### 5.1. Alınan nəticələrin gözlənilənlə müqayisəsi

Bu mərhələdə əldə edilən nəticələr layihənin ilkin mərhələsində planlaşdırılan nəticələrlə müqayisə olunmuşdur, xüsusi halda aşağıdakı işlər görülmüşdür:

- **Əsas effektivlik göstəricilərinin (KPI) müəyyənləşdirilməsi:** belə göstəricilərə proqnozların dəqiqliyi, resurs xərclərinin azalması, məhsuldarlığın artması və s. kimi göstəricilər aiddir.
- **Faktiki KPI qiymətlərinin planlaşdırılan göstəricilərlə müqayisəsi:** bu halda qarşıya qoyulan məqsədlərə nə dərəcədə nail olunduğu qiymətləndirilir.
- **Kənarlaşmaların səbəblərinin təhlili:** faktiki qiymətlər planlaşdırılan qiymətlərdən fərqləndiyi halda, kənarlaşmaların səbəblərini (məlumatlarda səhvlər, modellərin qeyri-dəqiqliyi, xarici amillər) araşdırmaq lazım gəlir.

### 5.2. Hazırlanmış metodların effektivliyinin qiymətləndirilməsi

Hazırlanmış metodların effektivliyini qiymətləndirmək üçün müqayisəli təhlil aparılmışdır, o cümlədən:

- **Fərqli modellər:** müxtəlif proqnoz və ya təsnifat modellərinin dəqiqliyi və sürətinin müqayisəsi;
- **Müxtəlif optimallaşdırma alqoritmləri:** model parametrlərini optimallaşdırmaq üçün müxtəlif optimallaşdırma alqoritmlərinin effektivliyinin müqayisəsi.
- **Məlumatların emalına müxtəlif yanaşmalar:** verilənlərin emalı üçün müxtəlif üsullardan istifadə etməklə əldə edilən nəticələrin müqayisəsi.

### 5.3. Sistemin inkişafı: məhdudiyyətlər və perspektivlər

Nəticələr təhlil edilərkən sistemin məhdudiyyətlərini vurğulamaq və gələcək inkişaf istiqamətlərini müəyyən etmək vacibdir:

- **Məlumat məhdudiyyətləri:** Məlumatın keyfiyyətini və tamlığını, boşluqların və kənar göstəricilərin mövcudluğunun qiymətləndirilməsi.
- **Modellərin məhdudiyyətləri: modellərin** hansı tip məlumatları daha yaxşı və hansılarını daha pis emal etdiyinin müəyyənləşdirilməsi.
- **Hesablama resurslarının məhdudluğu:** sistemin məlumatları nə qədər tez emal etdiyini və onun miqyaslanma bilən olmasının qiymətləndirilməsi.

#### Sistemin inkişaf perspektivləri:

- **Modellərin təkmilləşdirilməsi:** daha çox amili nəzərə alan və daha dəqiq proqnozlar verə bilən daha mürəkkəb modellərin hazırlanması.

- **Funksionallığın genişləndirilməsi:** təsvirlərin tanınması, video-məlumatların təhlili, digər idarəetmə sistemləri ilə inteqrasiya kimi yeni funksiyaların əlavə edilməsi.
- **İstifadəçi interfeysinin təkmilləşdirilməsi:** sistemlə qarşılıqlı əlaqə üçün daha rahat və intuitiv qavranılan interfeysin inkişafı.
- **Məlumatların həcmnin artırılması:** model dəqiqliyini artırmaq üçün daha çox sensordan məlumatların toplanması və təhlili.

#### **Konkret nəticələr üzrə nümunələr:**

- Məhsuldarlığın proqnozlaşdırılması modeli yüksək dəqiqlik göstərdi ( $R$ -kvadrat = 0,85), bu da istehsalın daha çox əminliklə planlaşdırılmasına imkan verir.
- Suvarmanın optimallaşdırılması məhsuldarlığı azaltmadan su sərfinin 15% azalmasına gətirib çıxardı.
- Bitki xəstəliklərinin erkən aşkarlanması sistemi məhsul itkisini 10% azaltdı.
- Sistemin məhdudiyyətlərindən biri də modellərin məlumat keyfiyyətinə həssaslığıdır. Məlumatların keyfiyyətinə nəzarət sistemi təkmilləşdirilməlidir.
- İnkişafın perspektivli istiqaməti bitki təsvirlərini təhlil etmək üçün dərin öyrənmə üsullarının istifadəsidir.

#### **Nəticələri təhlil edərkən vacib məqamlar:**

- **Nəticələrin şərh:** Təkcə ədədi nəticələri təqdim etmək deyil, həm də onlara keyfiyyətli şərh vermək və səbəblərini izah etmək lazımdır.
- **Digər tədqiqatların nəticələri ilə müqayisə:** alınan nəticələrin bu sahədə digər tədqiqatların nəticələri ilə müqayisəsi aparılmalıdır.
- **Tövsiyələrin formalaşdırılması:** Alınan nəticələrə əsasən sistemin gələcək inkişafı və praktikada istifadəsi üçün tövsiyələrin hazırlanmalıdır.

#### **Görülən işlərin qısa xülasəsi**

Bu layihə çərçivəsində tarlalarda və istixanalarda quraşdırılmış sensorlardan alınan məlumatların monitorinq və təhlili sistemi hazırlanmışdır. Layihənin məqsədi kənd təsərrüfatı proseslərini optimallaşdırmaq, məhsuldarlığı artırmaq və xərcləri azaltmaq üçün alət yaratmaq idi.

Müxtəlif növ sensorlar, məlumatların ötürülməsi şəbəkələri, məlumatların saxlanması sistemləri və informasiyanın emalı üsulları haqqında məlumatlar toplanmış və strukturlaşdırılmışdır. Məhsulları proqnozlaşdırmaq, suvarma və gübrələmə proseslərini optimallaşdırmaq və bitki xəstəliklərini aşkar etmək üçün modellər hazırlanmışdır.

#### **Əsas nəticələr və tövsiyələr**

- **Kənd təsərrüfatında IoT-dən istifadənin səmərəliliyi:** əldə edilən nəticələr IoT (Əşyaların İnterneti) texnologiyasından kənd təsərrüfatında istifadənin yüksək səmərəliliyini təsdiqləyir. Monitorinq sistemləri bitkilərin sağlamlığı, torpağın və iqlimin vəziyyəti haqqında ətraflı məlumat toplamaq, məlumatları təhlil etmək və nəticədə kənd təsərrüfatının inkişafı üçün daha əsaslı qərarlar qəbul etməyə imkan verir.
- **Düzgün modellərin seçilməsinin vacibliyi:** adekvat maşın öyrənmə modellərinin seçilməsi proqnozların və tövsiyələrin düzgünlüyündə əsas rol oynayır, modelləri seçərkən məlumatların xüsusiyyətlərini və qoyulan məsələləri nəzərə almaq lazımdır.
- **Keyfiyyətli məlumatlara ehtiyac:** verilənlərin keyfiyyəti nəticələrin düzgünlüyünə əhəmiyyətli dərəcədə təsir göstərir və buna görə də sensorlara müntəzəm şəkildə texniki dəstək göstərilməli, məlumatların yoxlanılması və səhvlərin düzəldilməsi təmin olunmalıdır.
- **İnkişaf perspektivləri:** Sistemin gələcək inkişafı üçün böyük potensial vardır. Məsələn, tarlaların havadan görüntülərini əldə etmək üçün monitorinq sistemini dronlarla inteqrasiya



etmək, alaq otlarını və zərərvericiləri avtomatik tanımaq üçün kompüter görmə texnologiyalarından istifadə etmək və məlumatların təhlili üçün daha mürəkkəb dərin öyrənmə modellərin hazırlanması tələb olunur.

### Vizuallaşdırma nümunələri

- **Zaman sırası:**
  - Vegetasiya dövründə torpağın temperaturu və rütubətində dəyişmələr mövsümi enişləri, qalxmaları və meylləri müəyyən etməyə imkan verir.
  - Bitkilərin inkişafı dinamikası tətbiq olunan aqrotexniki üsulların səmərəliliyini nümayiş etdirir.
- **Səpələnmə qrafikləri:**
  - Məhsulun gübrə tətbiqi səviyyəsindən asılılığı optimal dozaları təyin etməyə imkan verir.
  - Torpağın rütubəti ilə bitki xəstəliklərinin inkişafı arasındakı əlaqə profilaktika strategiyalarının işlənilməsinə imkan verir.
- **İstilik Xəritələri:**
  - Sahə üzrə pH paylanması əhənglənmə və ya turşulaşma tələb edən yüksək turşuluq və ya qələvilik sahələrini müəyyən etməyə kömək edir.
  - Məhsuldarlıq xəritələri sahənin heterogenliyini vizuallaşdırır və differensiallaşdırılmış aqrotexniki qaydaları planlaşdırmağa imkan verir.
- **İnteraktiv panellər:**
  - Onlar eyni vaxtda bir çox parametrləri təhlil etməyə və müxtəlif qrafiklər və xəritələr qurmağa imkan verir.
  - Onlar istifadəçiyə məlumatları müstəqil şəkildə araşdırmaq və onları maraqlandıran suallara cavab almaq imkanı verir.

Kənd təsərrüfatı üçün hazırlanmış monitoring və məlumatların təhlili sistemi ağıllı kənd təsərrüfatının yaradılması istiqamətində mühüm addımdır. Əldə edilən nəticələr kənd təsərrüfatı proseslərinin optimallaşdırılması üçün müasir texnologiyalardan istifadənin yüksək səmərəliliyini nümayiş etdirir. Sistemin daha da inkişafı kənd təsərrüfatı məhsuldarlığını artıracaq, maya dəyərini azaldacaq və becərilən bitkilərdən alınan məhsulların keyfiyyətinin yüksəlməsinə imkan verəcək.

2 Layihənin həyata keçirilməsi üzrə planda nəzərdə tutulmuş işlərin yerinə yetirilmə dərəcəsi (cari rüb üçün, faizlə qiymətləndirməli)

70% (layihədə nəzərdə tutulan avadanlıqlar və materiallar hələ təchiz olunmamışdır)

3 Hesabat dövründə alınmış **elmi nəticələr**, onların yenilik dərəcəsi

- universal infokommunikasiya mühiti olan rəqəmsal IoT platforması əsasında coğrafi olaraq paylanmış əkin sahələrinin idarə edilməsi üçün şəbəkə mərkəzli modelin qurulması üçün təkliflər hazırlanmışdır;
- qeyri-müəyyənlik şəraitində qərarların qəbulu üçün analitik dəstəyi təmin edən qeyri-səlis modelləşdirmə sistemlərindən istifadə etməklə şəbəkə mərkəzli idarəetmənin xüsusiyyətləri nəzərdən keçirilmişdir;
- dəqiq kənd təsərrüfatında IoT texnologiyasının tətbiqi çərçivəsində həyata keçirilən sensor siqnalların emalı üçün ümumi metodologiya hazırlanmışdır;
- ağıllı sensorlar, avadanlıq və digər kənd təsərrüfatı aktivlərindən toplanmış məlumatları birləşdirərək proqnozlaşdırıcı və təlimat tipli analitik qərarları dəstəkləyən intellektual sistem hazırlanmışdır.

4 Layihənin yerinə yetirilməsi zamanı istifadə olunan üsul və yanaşmalar

IoT texnologiyaları; mikrokontrollerin proqramlaşdırılması; Ethernet və NB-IoT şəbəkə texnologiyaları; radio-elektronika; təbii mühitə, maddələrə, materiallara və məməullərə nəzarət cihazları və metodları;

|    |   |
|----|---|
|    | telekommunikasiya şəbəkələri və qurğuları; İntellektual sistemlərin elmi-nəzəri əsasları; verilənlərin intellektual analizi texnologiyaları   |
| 5  | Layihə üzrə elmi nəşrlər (məqalələr, monoqrafiyalar, icmallar, konfrans materialları, tezislər) (dərc olunmuş, çapa qəbul olunmuş və çapa göndərilmişləri ayrılıqda qeyd etməklə) <i>(surətlərini əlavə etməli!)</i><br><br>1. Aliyev E.R., Rzayev R.R., Rahmanov A.S., Almasov A.Sh. Crop Area Management Based on Fuzzy Analysis of Historical Sensor Readings Combined Within a Unified IoT Platform // International Conference on Mathematical Modelling, Computational Techniques and Simulation for Engineering (MMCTSE – 2024), February 24-26, Bern, Switzerland, WSEAS// Transactions on Information Science and Applications, ISSN / E-ISSN: 1790-0832 / 2224-3402, Volume 21, 2024, Art. #35, <a href="https://wseas.com/journals/articles.php?id=9473">https://wseas.com/journals/articles.php?id=9473</a> . |
| 6  | İxtira və patentlər, səmərələşdirici təkliflər<br><i>(burada doldurmalı)</i>  |
| 7  | Layihə üzrə ezamiyyətlər<br>Layihə mövzusu üzrə elmi tədqiqat işləri ilə əlaqədar olaraq Zəngilan rayonunun Ağalı kəndinə ezamiyyətlər olmuşdur.  |
| 8  | Layihə üzrə elmi ekspedisiyalarda iştirak<br>yoxdur   |
| 9  | Layihə üzrə digər tədbirlərdə iştirak<br>yoxdur   |
| 10 | Layihə mövzusu üzrə elmi məruzələr (seminarlar, konfranslar, dəyirmi masalar və s. çıxışlar)<br>yoxdur  |
| 11 | Layihə üzrə əldə olunmuş cihaz, avadanlıq və qurğular, mal və materiallar<br>yoxdur   |
| 12 | Yerli həmkarlarla əlaqələr<br>IoT intellektual sisteminin fəaliyyəti üçün Azercell şirkətinin NB-IoT şəbəkəsinin istifadəsi ilə əlaqədar olaraq Azercell B2B qrupu ilə əlaqələr davam edir  |
| 13 | Xarici həmkarlarla əlaqələr<br>yoxdur   |
| 14 | Layihə mövzusu üzrə kadr hazırlığı<br>Layihə mövzusu üzrə kadrların hazırlanması işi, layihənin realizasiyası üçün material və avadanlıqlar alındıqdan sonra başlayacaqdır.   |
| 15 | Sərgilərdə iştirak<br>yoxdur  |
| 16 | Təcrübəartırmada iştirak və təcrübə mübadiləsi<br>yoxdur  |
| 17 | Layihə mövzusu ilə bağlı elmi-kütləvi nəşrlər, kütləvi informasiya vasitələrində çıxışlar, yeni yaradılmış internet səhifələri və s.<br>yoxdur  |

Layihə rəhbərinin imzası \_\_\_\_\_ Əliyev Elçin Rəşid oğlu

Tarix \_\_\_\_\_

