

ƏŞYALARIN İNTERNETİ VƏ BULUD HESABLAMALARINDAN İSTİFADƏ EDƏN AĞILLI SUVARMA SİSTEMİ KONSEPSİYASI

Nigar QƏDIMOVA*

Xülasə: Ərzaq təhlükəsizliyi dünya iqtisadiyyatını idarə etmək üçün kənd təsərrüfatı fəaliyyətindən çox asılıdır. Lakin iqlim dəyişikliyi və suvarma texnikasından düzgün istifadə edilmədiyi üçün bu fəaliyyət böyük təhlükə altındadır. Nəticə etibarilə, bütün dünyada çoxlu sayda insanın həyatı təhlükə altındadır. Bu məqalə yeni texnologiyaya əsaslanan ağıllı suvarma sistemlərinin vədlərini araşdırır. Kənd təsərrüfatında suya artan tələbatı ödəmək üçün bu tədqiqat bulud hesablamaları, quraşdırılmış sistemlər və əşyaların interneti (IoT) qabaqcıl texnologiyalarından istifadə edən intellektual suvarma sistemini təqdim edir. Əsas məqsəd bu innovativ strategiyanın su ehtiyatlarını necə effektiv idarə edə biləcəyini, qabaqcıl kənd təsərrüfatı texnologiyası vasitəsilə ərzaq təhlükəsizliyini dəstəkləməkdir. Bu məqalə qabaqcıl kənd təsərrüfatı texnologiyasının tətbiqi vasitəsilə ərzaq təhlükəsizliyini yaxşılaşdırmaq üçün təməlqoyma strategiyası kimi quraşdırılmış sistem, Əşyaların İnterneti (IoT) və bulud hesablamaları kimi qabaqcıl texnologiyalara əsaslanan ağıllı suvarma sistemini təklif edir. Bu sistem ağıllı kənd təsərrüfatı təcrübələrində rütubət, temperatur və su səviyyələri kimi mühüm ətraf mühit amillərinin real vaxt rejimində monitorinqini həyata keçirir.

Anahtar Kelimələr: *Bulud hesablama, Quraşdırılmış sistem, Qida təhlükəsizliyi, Əşyaların İnterneti (IoT), Ağıllı sensorlar, Suvarma sistemi, Ağıllı kənd təsərrüfatı, ThingSpeak platforması, V modeli*

Smart Irrigation System Concept Using the Internet of Things and Cloud Computing

Abstract: Food security depends heavily on agricultural activities to drive the world economy. However, due to climate change and improper use of irrigation techniques, this activity is under great threat. As a result, many lives are at risk around the world. This article explores the promise of smart irrigation systems based on new technologies. To meet the increasing demand for water in agriculture, this study presents an intelligent irrigation system that uses advanced technologies such as cloud computing, embedded systems, and the Internet of Things (IoT). The main objective is to demonstrate how this innovative strategy can effectively manage water resources and support food security through advanced agricultural technology. This article proposes a smart irrigation system based on advanced technologies such as embedded systems, the Internet of Things (IoT), and cloud computing as a foundational strategy to improve food security through the application of advanced agricultural technology. This system implements real-time monitoring of important environmental factors such as humidity, temperature, and water levels in smart agricultural practices.

Key Words: *Cloud computing, Embedded system, Food safety, Internet of Things (IoT), Smart sensors, Irrigation system, Smart agriculture, ThingSpeak platform, V model*

Giriş

1.1. Kənd təsərrüfatı – ərzaq təhlükəsizliyi, ümumi daxili məhsul, dünya əhalisi və iqlim dəyişikliyi

Kənd təsərrüfatı ərzaq təhlükəsizliyinin təmin edilməsində mühüm rol oynayır və ölkənin Ümumi Daxili Məhsuluna (ÜDM) mühüm təsir göstərir. Dünya əhalisinin proqnozlaşdırılan artımı ilə kənd təsərrüfatı istehsalına daha çox ehtiyac yaranacaq. Dünya əhalisi artmaqda davam etdikcə qidaya olan tələbat faktiki olaraq əhəmiyyətli dərəcədə artacaq. Həmçinin, 2050-ci ilə qədər dünya əhalisinin 10 milyardı ötəcəyi gözlənilir. Əhali artımının yaratdığı artan tələbi ödəmək üçün ərzaq istehsalı demək olar ki, 70% artmalıdır. Kənd təsərrüfatının bu ehtiyacı ödəməsi üçün o, uyğunlaşmalı və genişlənməlidir. Bununla belə, iqlim dəyişikliyi və su məhdudiyyətlərinin yaratdığı əlavə çətinliklər səbəbindən, mövcud kənd təsərrüfatı üsulları bu genişlənmə ehtiyacı təmin etmək üçün artıq kifayət etmir.

1.2. Ağıllı kənd təsərrüfatı – davamlılıq, istehsal və resurslar

Ağıllı kənd təsərrüfatı bu problemləri həll etmək, istehsalı və davamlılığını artırmaq üçün sürətlə müasir texnologiyaları tətbiq edir. Məsələn, “ağıllı suvarma” adlı yeni elmi sahədə su istehlakını maksimuma çatdırmaq və kənd təsərrüfatı məhsullarını artırmaq üçün məlumat tələb edən texnikalardan istifadə olunur. fermerlər hərəkətlərinin torpağa necə təsir etdiyini daha yaxşı başa düşmək üçün kənd təsərrüfatında sensorlar və məlumat analitikasından faydalı məlumatlar əldə edə bilirlər. fermerlər təcrübələri təkmilləşdirmək, resursdan istifadə ilə bağlı

* Müəllim, Bakı Avrasiya Universiteti, <https://orcid.org/0009-0007-3812-573X> nigar.qedimova94@gmail.com

yaxşı məlumatlı qərarlar qəbul etmək və məhsul problemlərini erkən müəyyən etmək üçün ətraf mühit parametrlərinin monitorinqi və təhlilindən əldə edilən məlumatlardan istifadə edə bilirlər. Bu, davamlılığı yaxşılaşdırır və əkinçilik və torpaq arasındakı əlaqəni daha dərinəndirir. Kənd təsərrüfatında texnologiya resursların qorunması, əkinçilik əməliyyatlarının ətraf mühitə təsirinin azaldılması və dünya əhalisinin qidalanması üçün vacibdir. Rəqəmsal dövrün gəlişi ilə mürəkkəb texnologiyalar köhnə əkinçilik texnikalarını əvəz edir. Bu sistemlər istifadə olunan resursları optimallaşdırmaq və kənd təsərrüfatı məhsullarını artırmaq üçün istifadə edilə bilən çoxlu miqdarda məlumat təmin edir. Beləliklə, kənd təsərrüfatında texnologiyanın istifadəsi və məlumatlara əsaslanan qərarların qəbulu məhsuldarlığı artıracaq, tullantıları azaldacaq və planetin təbii ehtiyatlarını qoruyacaq. Kənd təsərrüfatı təkcə ərzaq təhlükəsizliyinin və davamlılığın təmin edilməsində mühüm rol oynamır, həm də ölkənin iqtisadi inkişafına əhəmiyyətli dərəcədə töhfə verir. Artıq müəyyən edildiyi kimi, kənd təsərrüfatı ölkənin ÜDM-ə böyük təsir göstərir.

1.3. Kənd təsərrüfatı, iqtisadi, innovativ texnologiya, əhatə dairəsi və kağızın mümkün potensialı

Tarix boyu kənd təsərrüfatı çoxsaylı xalqların iqtisadi uğurlarının əsas amili olmuşdur. Kənd yerlərində, xüsusən də kənd təsərrüfatı təkcə ərzaq məhsulları istehsal etmir, həm də məşğulluğa qapılar açır. Fermerlər və emalçılar, marketoloqlar və ixracatçılar kimi kənd təsərrüfatı dəyər zəncirində çalışanlar üçün bu, əhəmiyyətli gəlir mənbəyidir. Nəticədə, kənd təsərrüfatı iqtisadi ekspansiyanı təşviq etmək, yoxsulluğu azaltmaq və həyat şəraitini yaxşılaşdırmaq qabiliyyətinə malikdir. İnnovativ kənd təsərrüfatı texnologiyalarına investisiyalar iqtisadi artımı sürətləndirmək potensialına malikdir. Fermerlər müasir kənd təsərrüfatı sistemləri və ağıllı texnologiyanın köməyi ilə qazanclarını artırır, daha az resursla daha çox ərzaq istehsal edə və malları üçün yeni bazarlar açır (Bathaei və Ştreimikienė, 2023, Blakeney, 2022). İqtisadi mülahizələr və bu mühüm resursdan istifadənin optimallaşdırılması zərurətini nəzərə alaraq, Şimali Afrikada və bütün dünyada kompüterləşdirilmiş smart sistemlərin tətbiqi mühüm əhəmiyyət kəsb etmişdir (Assouli et al., 2018). Təklif olunan sənəddə kənd təsərrüfatının səmərəliliyində inqilab etmək və məhsuldarlığı artırmaq məqsədi daşıyan qabaqcıl ağıllı suvarma sistemi təqdim olunur. İnnovativ suvarma texnologiyaları və Əşyaların İnterneti, bulud hesablamaları və quraşdırılmış sistem kimi qabaqcıl texnoloji tətbiqləri əhatə edən geniş əhatə dairəsi ilə məqalə qida təhlükəsizliyinin yaxşılaşdırılmasına yönəlmişdir. Potensial sabitlik və davamlı kənd təsərrüfatı təcrübələrinin təşviqi vasitəsilə tədqiqat həmçinin qlobal ərzaq sabitliyinin təşviqinə töhfə verən kənd təsərrüfatının gələcəyini nəzərdə tutur.

1.4. Ağıllı suvarma - internet, dərin öyrənmə, maşın öyrənməsi və bu işin motivasiyası

İnternetə inteqrasiya olunmuş sistemlər kimi ən müasir texnologiyadan istifadə edən ağıllı suvarma dəqiq məlumatların (temperatur, rütubət və torpağın rütubəti kimi) toplanmasında mühüm rol oynayır, bu onun praktik tətbiqlərdə effektivliyini nümayiş etdirməyə kömək edir və uzaqdan idarəetməni asanlaşdırmaq. Nəticə etibarilə, son illərdə İnternetdən istifadə inteqrə edilmiş sistemlərdə, xüsusən də inkişaf etmiş ölkələrdə əhəmiyyətli irəliləyişləri əks etdirir və bu, suya qənaət və istehsal səmərəliliyində nəzərəcarpacaq təkmilləşdirmələrə gətirib çıxarır. Bundan əlavə, kənd təsərrüfatında dərin öyrənmə, maşın öyrənmə və süni intellekt kimi qabaqcıl texnologiyaların ortaya çıxması nəticənin saxlanması və artırılmasına daha çox kömək edir. Qlobal ərzaq təhlükəsizliyi ilə bağlı narahatlıqlardan irəli gələn bu tədqiqat diqqəti suvarma üzərində cəmləşdirir. Su ehtiyatlarını qoruyub saxlamaqla artan əhalinin ərzaq tələbatının ödənilməsi mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Hazırkı ənənəvi suvarma təcrübələri məhsuldarlığa və ərzaq təhlükəsizliyinə təsir göstərir. Tədqiqat IoT və bulud texnologiyalarını birləşdirən intellektual suvarma sistemini təklif edir. Bu yenilik suya qənaətlə qənaət etməyə, məhsuldarlığı artırmağa və əkinləri yaxşı bəsləməyə imkan verir. Geniş

global tətbiqi ilə bu yanaşma qida təhlükəsizliyini və davamlılığını yaxşılaşdırmağa kömək edərək ağıllı kənd təsərrüfatını inkişaf etdirir.

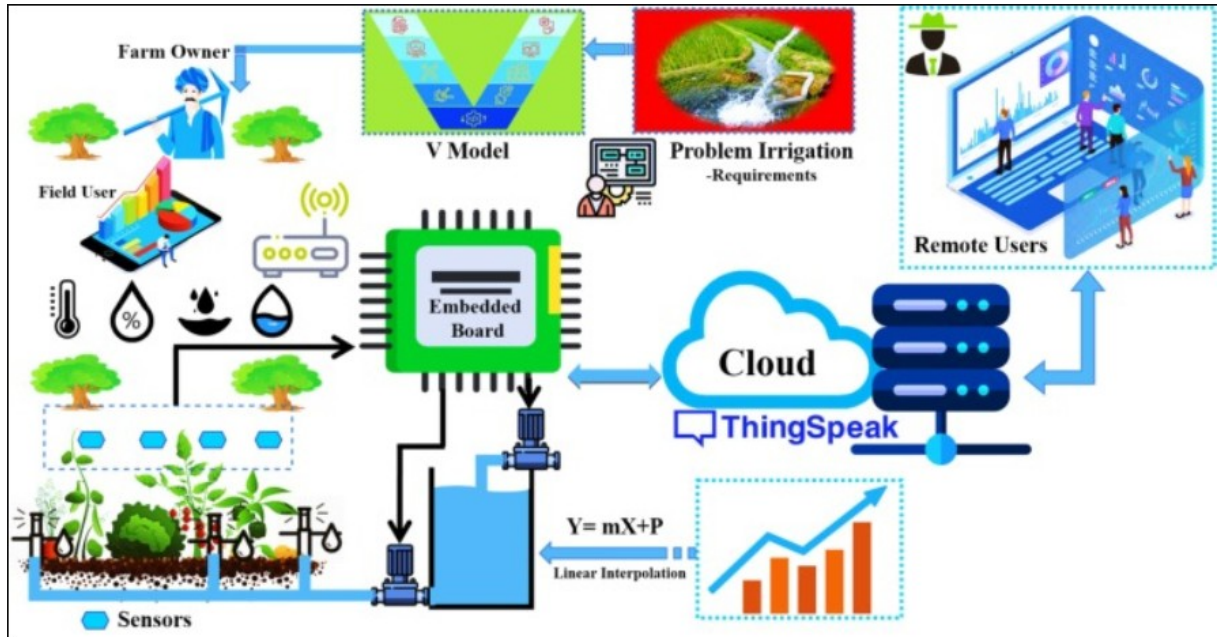
1.5. Ağıllı suvarma, Əşyaların İnterneti, ThingSpeak və bu işin diqqət mərkəzindədir

Çoxsaylı qabaqcıl texnologiyalar, o cümlədən IoT, geniş tətbiqlərə malikdir. Fermerlərin nəzarət etdikləri təsərrüfatların hər bir hissəsinə şəxsən baş çəkmək və onlara nəzarət etmək çətindir, bu da ardıcıl olmayan suvarma ilə nəticələnə bilər. Pul itkiləri və məhsulun keyfiyyətsizliyi bunun nəticəsidir. Bu problemi həll etmək və kənd təsərrüfatı prosesini sadələşdirmək üçün tədqiqat sənədləri qabaqcıl IoT texnologiyasından istifadə edən ağıllı suvarma sistemini təklif edir. Bu tədqiqatlar, həmçinin kənd təsərrüfatı məhsullarını artırmaq və ümumi keyfiyyəti yüksəltmək üçün məlumat texnologiyasından istifadə edən “ağıllı kənd təsərrüfatı” konsepsiyasını təqdim edir. Bundan əlavə, qeyd olunan işlər kənd təsərrüfatı sensorlarından və nəzarətçilərindən əldə edilən məlumatların toplanması və saxlanması üçün tam həlli təmin edən ThingSpeak platformasından istifadə edərək, ehtiyaclarını ödəmək üçün istifadə edir. təsərrüfat operatorları. Bu portal mühüm kənd təsərrüfatı məlumatlarının toplanması və qorunması üçün faydalı mənbədir. Bu sənədlər avtonom zavodlar yaratarkən simsiz sensor şəbəkələri tərəfindən istifadə olunur. Ağıllı suvarma sistemindən istifadə etməklə suvarma parametrləri avtomatik idarə oluna bilər. Bu tədqiqatlarda su səviyyəsi sensorundan istifadə edilmişdir. Xüsusilə, real vaxt rejimində su səviyyəsinin monitorinqi sisteminin HC-SR04 cihazı əsas komponent kimi suyun səviyyəsini dəqiq ölçmək üçün istifadə olunur. Bundan əlavə, bu tədqiqat ərzaq təhlükəsizliyini və kənd təsərrüfatının davamlılığını artırmaq üçün IoT və sensor texnologiyasının tətbiqlərinin nəzərdən keçirilməsini təqdim etdi. Bu tədqiqatın məqsədi sudan istifadəni optimallaşdırmaq və bitkilərin lazımı miqdarda su almasına əmin olmaq üçün bulud hesablamaları və quraşdırılmış IoT texnologiyalarından istifadə edən ağıllı suvarma sistemini təmin etməkdir. Tədqiqat göstərir ki, bu üsul kənd təsərrüfatı məhsuldarlığını necə artırmaqla yanaşı, su israfını azaldır və ərzaq təhlükəsizliyi problemini necə aradan qaldıra bilər. Sistemin dünyanın bir çox yerində tətbiqi mümkünlüyü də bu yazıda vurğulanır və ağıllı kənd təsərrüfatının tərəqqisini dəstəkləyir.

1.6. Bu işin əsas töhfəsi

Bu məqalənin əsas töhfəsi aşağıdakı kimi ifadə edilir. Şəkil 1 də bu töhfələr əsasında təklif olunan sxemin qrafik abstraktını göstərir. Ağıllı suvarma sistemi qabaqcıl kənd təsərrüfatı texnologiyasının tətbiqi yolu ilə ərzaq təhlükəsizliyini yaxşılaşdırmaq üçün təməlqoyma strategiyası kimi IoT, quraşdırılmış sistemlər və bulud hesablamaları kimi yeni texnologiyalardan istifadə etməklə təklif olunur. Təklif olunan sistem ağıllı kənd təsərrüfatı təcrübələrində rütubət, temperatur, rütubət və su səviyyələri kimi mühüm ətraf mühit amillərinin real vaxt rejimində monitorinqinə nəzarət edir. Təklif olunan sistemdə həmçinin rütubət və temperatur sensoru modulu (DHT22), su səviyyəsi sensoru və nəmlik sensorları daxil olan ən müasir sensorlar istifadə olunur. Bütün bu sensorlar geniş istifadə olunan quraşdırılmış sistemə (ESP32) qoşulur. Sistem cihaz və təsərrüfat sahibi arasında simsiz əlaqə yaratmaq, onların qarşılıqlı əlaqəsini artırmaq üçün ThingSpeak buludundan istifadə edir. Sensor məlumatları real vaxt rejimində həm ThingSpeak buluduna, həm də ThingView tətbiqinə ötürüldüyü üçün fermerlər dünyanın istənilən yerindən hərtərəfli təsərrüfat məlumatlarına daxil ola bilərlər. Bu imkan məhsulu daha dəqiq suvarmağa və məhsuldarlığı artırmağa imkan verir. Təklif olunan sxem həmçinin suyun səviyyəsi sensorunu faizlə kalibrləmək üçün xətti interpolasiya kimi tanınan riyazi əsaslı funksiyanı təqdim edir. Bu ağıllı suvarma sistemi V model proqram təminatının hazırlanması yanaşmasından istifadə edilməklə yaradılmışdır.

Bu yazıda təklif olunan həll ənənəvi üsullarla müqayisədə torpağın suvarılması üçün 70% daha az su istifadə edir. Bitkilərin boğulmasının və su yataqlarının boşaldılmasının qarşısını aldığı üçün daha səmərəli və ekoloji cəhətdən təmizdir. Bu məqalədə ağıllı suvarmanın kənd təsərrüfatının dayanıqlılığına və ərzaq təhlükəsizliyinə təsiri də araşdırılır.



Şəkil 1. Təklif olunan sənədin qrafiki abstrakt

2. Təklif olunan sxemin arxitekturası

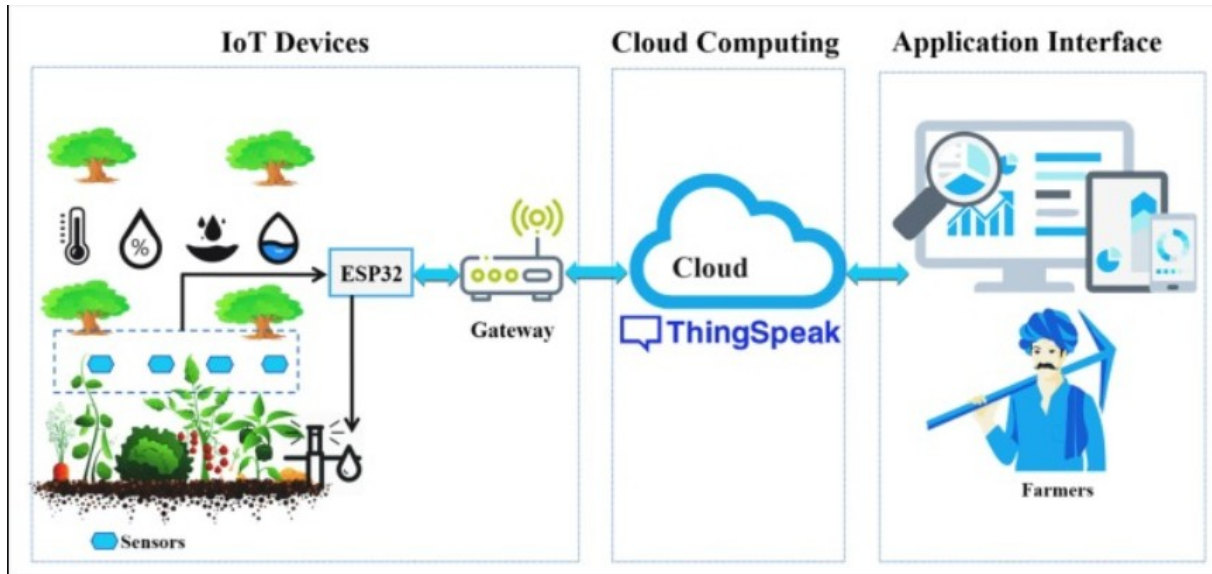
Ağıllı suvarma sistemləri bir neçə IoT cihazı və sensordan istifadə edərək torpağın nəmliyi və digər parametrlər haqqında məlumat toplayır. Bu sensorlar torpağın rütubətini, temperaturu, rütubəti və hətta suyun səviyyəsini aşkar edə bilər. Onlar həmçinin inkişafını və ümumi sağlamlığını izləmək üçün bitkilərin şəkillərini çəkə bilirlər. Sensorlardan əldə edilən məlumatlardan və analiz üçün bulud əsaslı platforma ilə simsiz rabitədən istifadə edərək suvarma sisteminin uzaqdan idarə edilməsi. Məlumatlar toplanmış məlumatlardan asılı olaraq ən yaxşı suvarma planını tapmaq üçün model və alqoritmlərdən istifadə edən bulud əsaslı platformada işlənir və təhlil edilir. Suvarma sistemi təlimatlardan asılı olaraq suvarma sisteminin su axını tənzimləyə bilən daxili lövhə adlanan kiçik kompüterə qoşulur.

Mobil proqram vasitəsilə fermerlər sistemə daxil olub ona nəzarət edə bilirlər ki, bu da onlara real vaxt rejimində torpağın rütubəti, hava və suvarma qrafiki haqqında məlumat verir. Proqram vasitəsilə onlar suvarma sistemini əl ilə idarə edə və ya suvarma cədvəlini dəyişdirə bilirlər. Fermerlər bunun sayəsində kənd təsərrüfatı məhsuldarlığını artırma və suvarmağı optimallaşdırma bilirlər. Bitkiləri yalnız ehtiyac duyduqları su ilə təmin etdiyi üçün bu texnologiya həm də su ehtiyatlarına qənaət edir və xərcləri azaldır. Bundan əlavə, məhsulun planlaşdırılması və tədqiqatı ağıllı suvarma sistemi tərəfindən toplanan məlumatlardan istifadə etməklə həyata keçirilə bilər. Fermerlər, məsələn, zamanla toplanmış məlumatları tədqiq etməklə məhsulun böyüməsindəki tendensiyaları görə bilər və müəyyən bir məhsul üçün mükəmməl şərtləri dəqiqləşdirə bilər. Gələcək kənd təsərrüfatı məhsuldarlığının optimallaşdırılması və məhsul əkilməsi qrafiki qərarları bu biliklərdən istifadə etməklə qəbul edilə bilər. Ağıllı suvarma kontekstində simsiz sensor şəbəkələri (WSN) ətraf mühitin monitorinqi, qida maddələrinin idarə edilməsi, xəstəliklərin aşkarlanması, avtomatlaşdırılmış suvarma və kommunikasiya kimi funksiyalar vasitəsilə bitkilərin avtonom idarə edilməsinə imkan verir. Simsiz sensor şəbəkələri temperatur, rütubət, torpağın nəmliyi, suyun səviyyəsi və qida maddələrinin səviyyəsi kimi faktorlar haqqında real vaxt məlumatları təqdim edir. Onlar adaptiv idarəetmə sistemlərini dəstəkləyir, daha çox enerji səmərəliliyi üçün aşağı güclü qovşaqlardan istifadə edir və bulud integrasiyası vasitəsilə uzaqdan monitorinq və nəzarəti təmin edir. Ümumilikdə, WSN-lər məhsuldarlığı və davamlılığı yaxşılaşdırmaq üçün məlumatlara əsaslanan qərarların qəbulunu asanlaşdırmaq və bitki şəraitini optimallaşdırmaqla avtonom bitkilərin yaradılmasına töhfə verir. Digər tərəfdən, müxtəlif sensorların WSN-lərə integrasiyası zavodun muxtariyyəti üçün vacibdir. Ən çox yayılmış sensorlar temperaturu,

rütubəti, torpağın nəmini, işıq, qida maddələrini, zərərvericiləri, su səviyyəsini və küləyi ölçənlərdir. Kollektiv olaraq, bu sensorlar bitki ilə əlaqəli prosesləri yaxşılaşdırmağa kömək edir. Müxtəlif sensorların inteqrasiyası bitkilərin məhsuldarlığını və davamlılığını yaxşılaşdırmaq üçün əsaslandırılmış qərarlar qəbul etməyə imkan verən avtonom bitki idarəetmə sistemlərinin dəqiqliyini və səmərəliliyini artırır.

2.1. Sistemin arxitekturası

Bu bölmə Şəkil 2- də göstərilən ağıllı suvarma sisteminin strukturunu təsvir edir. Sistem üç əsas hissədən ibarətdir: IoT cihazları, bulud hesablamaları və tətbiq interfeysi. İnternet bağlantısı dünyanın hər yerindən olan istehlakçılara təsərrüfat məlumatlarına baxmaq və izləmək imkanı verir.



Şəkil 2. Ağıllı suvarma sisteminin IoT arxitekturası.

Suvarma sistemi suvarma cədvəlini səmərəli idarə etmək üçün nəzərdə tutulmuş avtomatlaşdırılmış elektron sistemdir. Onun əsas məqsədi bitkilərin inkişaf edərkən dəyişən ehtiyaclarını ödəməkdir. Torpağın rütubətinin təhlili vasitəsilə sistem suvarma üçün lazım olan suyun dəqiq faizini müəyyən edir, müxtəlif kənd təsərrüfatı mövsümləri və məhsul sortları üçün dəqiq qrafiki təmin edir. Ağıllı suvarmanın əsas məqsədləri IoT, bulud hesablamaları, quraşdırılmış sistemlər və sensorlar kimi yeni texnologiyalardan istifadə etməklə xərcləri azaltmaq, kənd təsərrüfatı məhsuldarlığını artırmaq, təsərrüfatlardan faydalanmaq, enerji səmərəliliyini artırmaq və ərzaq təhlükəsizliyini təmin etmək üçün su istehlakının optimallaşdırılmasını əhatə edir.

2 - də göstərilən təklif olunan sistemin IoT arxitekturası üç əsas komponentdən ibarətdir: (1) Əşyaların İnterneti cihazları, (2) bulud hesablamaları və (3) tətbiq interfeysi. IoT cihazlarının komponentlərinə sensorlar, aktuatorlar, idarəetmə bloku və şlüz və digərləri daxildir. Bu sensorlar ağıllı fermada havanın rütubəti, havanın temperaturu, torpağın rütubəti və suyun səviyyəsi daxil olmaqla kritik ətraf mühit amillərinin monitorinqinə cavabdehdir. Torpağın rütubətini ölçmək üçün nəm sensoru istifadə olunur. Bundan əlavə, rütubət və temperaturu ölçmək üçün ikisi birdə birləşmiş sensor olan dəqiqliyi ilə məşhur olan DHT22 cihazı istifadə edilmişdir. Bundan əlavə, HC-SR04 ultrasəs məsafə sensoru suyun səviyyəsini aşkar etmək üçün istifadə olunur. ESP32 mikro nəzarətçi ilə işləyən idarəetmə bloku sensor oxunuşlarını qəbul edir və bitkilərin qrafikə uyğun suvarılmasını təmin etmək üçün aktuatorları əlaqələndirir. ESP32 mikro nəzarət cihazı daha geniş miqyaslı proqramlar üçün uyğundur, çünki o, kifayət qədər yaddaş tutumuna və təkmilləşdirilmiş emal qabiliyyətinə malikdir. Ağıllı suvarma sisteminin aktuatorları ESP32 nəzarətçisindən gələn təlimatları yerinə yetirmək üçün

vacibdir. Sistemimizdə bitkiləri sulamaq üçün su çiləyicidən , çəni doldurmaq üçün isə su nasosundan istifadə olunur.

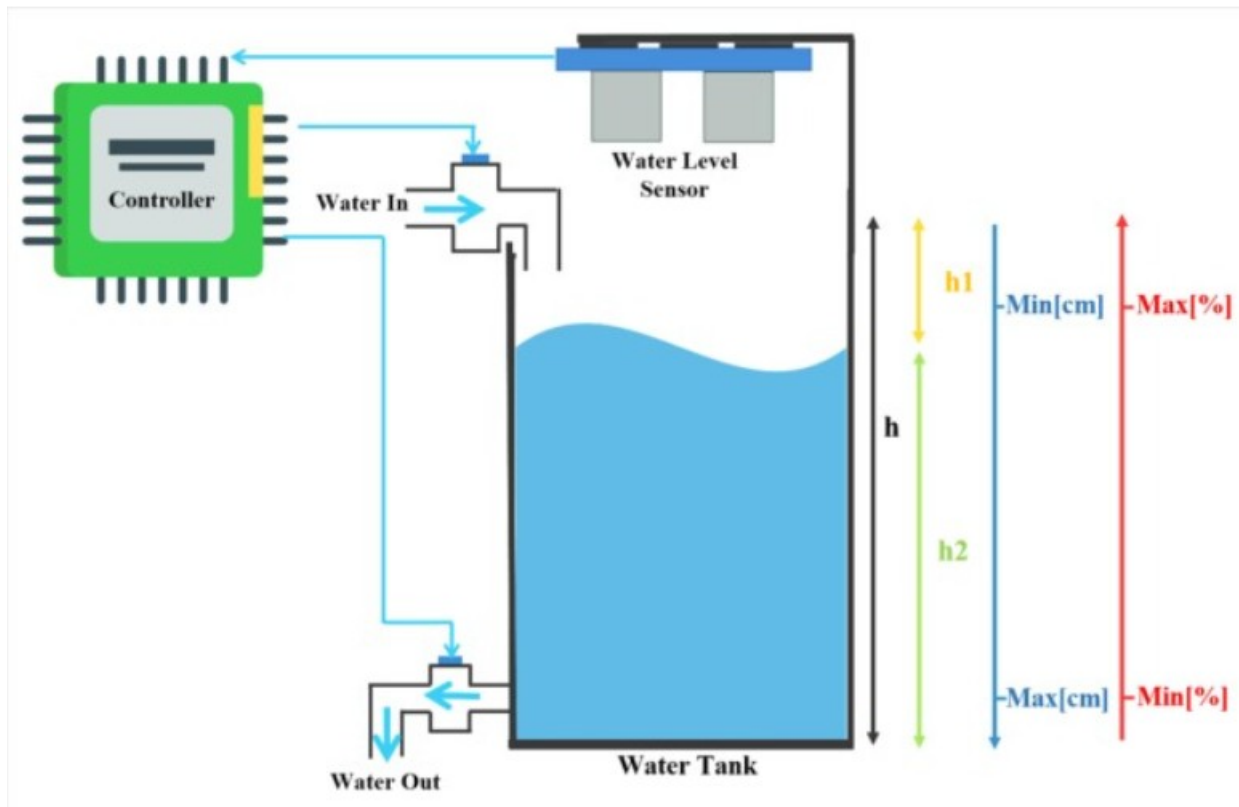
IoT cihaz arxitekturasında növbəti inkişaf şlüzün əlavə edilməsidir. Şlüz idarəetmə blokundan hiss olunan məlumatları toplayır və ağıllı birləşməni təmin etmək, şəbəkə trafikini optimallaşdırmaq və enerji istehlakını azaltmaq üçün kritik məlumatların emalı əməliyyatlarını həyata keçirir. O, xüsusi proses modelinin əsas komponentlərini effektiv şəkildə birləşdirir və onları buludlara göndərir, bu da gecikmə və daha yüksək səviyyələrdə xərclərin nəzərəcarpacaq dərəcədə azalmasına səbəb olur. Məlumat şlüzdən qəbul edildikdə adi bulud hesablama sistemləri tərəfindən davamlı olaraq işlənir.

Bulud hesablama sistem arxitekturasının ikinci komponentinin diqqət mərkəzindədir. Fermerlər indi bu təbəqə sayəsində idarəetmə bloku vasitəsilə toplanan və şlüz konsolu üzərindən çatdırılan çoxlu sayda məlumat əldə edə bilirlər. Fermerlər ThingSpeak bulud əsaslı IoT analitika platformasından istifadə etməklə real vaxt məlumat axınlarını toplaya, baxa və təhlil edə bilirlər. ThingSpeak, fermerlərə öz texnologiyalarından istifadə edərək unikal məlumat vizualizasiyalarını tərtib etməyə imkan verən tam məlumat idarəetmə platformasıdır. Platforma canlı məlumat axınından faydalı fikirlərin toplanmasına, vizuallaşdırılmasına, təhlilinə və əldə edilməsinə imkan verir. Məlumatı yerləşdirmək üçün ThingSpeak platformasından və ya məlumatları əldə etmək üçün ThingView proqramından istifadə edərək fermerlər sistemlə əlaqə saxlaya bilirlər.

Suvarma sisteminin arxitekturası tez-tez ön təbəqə kimi tanınan tətbiq interfeysi ilə tamamlanır. Torpağın rütubəti, rütubəti, temperaturu və suyun səviyyəsi kimi məlumatların işlənməsinin nəticələri istifadəçiyə baxan bu komponentdə göstərilir. Fermerlər ThingSpeak-dən istifadə edərək real vaxt rejimində məlumat vizualizasiyasını əldə edə və qərarlarını istiqamətləndirmək üçün biliklərdən istifadə edə bilirlər. Bu interfeys fermer və sistem arasında problemsiz əlaqə yaratmağa imkan verir ki, bu da suvarma sistemlərinə nəzarəti və idarə etməyi asanlaşdırır.

2.2 . Su səviyyəsinin kalibrlənməsi

Bu bölmədə təklif olunan işdə sensorun kalibrləmə üsulundan istifadə olunur. Suyun səviyyəsini ölçmək üçün HC SR04 cihazı istifadə edilmişdir. Bir neçə tədqiqat (Olisa və digərləri, 2021 , Hussen Hajjaj et al., 2020 , Hanan et al., 2019 , Tham et al., 2022) suyun səviyyəsini təyin etmək üçün ultrasəs sensorundan istifadə etmişdir. Bununla belə, bu sənədlər suyun səviyyəsini ölçmək üçün istifadə olunan ultrasəs sensorunun kalibrləmə proseduru üçün riyazi hesablama təmin etməyib. Təklif olunan tədqiqatda suyun səviyyəsinin sensorunu öyrənmək üçün kalibrləmə texnikasından istifadə edilir. Bu texnika su səviyyəsinin sensorunun kalibrlənməsi adlanan xətti interpolyasiya funksiyasını əhatə edir ki, bu da sensorun dəyərləri ilə müvafiq su səviyyəsi arasında əlaqə yaradır. (1) bu əlaqəni xətti düsturla ifadə edir. Xüsusilə, sensorun maksimum dəyəri santimetrlə ifadə edildikdə, minimum dəyər % -ə uyğun gəlir və əksinə. Şəkil 4 sensorun dəyərləri ilə suyun səviyyəsi arasındakı əlaqəni % ilə əyani şəkildə göstərir.



Şəkil 3. Su səviyyəsinin kalibrlənməsinin arxitekturası.

Bu tədqiqatın xətti interpolasiyaya doğru müzakirəsi davamlı kənd təsərrüfatı, ağıllı suvarma sistemləri və ərzaq təhlükəsizliyi üçün mühüm təsirlərə malikdir. Bu təsvir su səviyyəsi sensorunun dəyərləri ilə müvafiq faizlər arasında əlaqə yaratmaqla çən və ya su anbarının müxtəlif yerlərində suyun səviyyəsini dəqiq müəyyən etməyə imkan verir. Bu interpolasiya sudan istifadəni optimallaşdırmaq və kənd təsərrüfatı əməliyyatlarını təkmilləşdirmək üçün ağıllı suvarma sistemləri tərəfindən istifadə oluna bilər. Fermerlər və sistem nəzarətçiləri su səviyyələrini davamlı olaraq izləməklə suvarmağı planlaşdırır və su ehtiyatlarını daha effektiv idarə edə bilərlər. Sistem bu real vaxt məlumatlarından istifadə edərək əkinlərə lazımi miqdarda su çatdırır, həddindən artıq və ya az suvarmanın qarşısını alır. Bu strategiya iki üstünlük verir. Birincisi, o, davamlılığı təşviq edir və yalnız müvafiq miqdarda suyun çatdırılmasını təmin edir, buna görə də su ehtiyatlarını qoruyur. İkincisi, nümayəndəlik suyun səviyyəsini dəqiq müəyyən etməklə məhsulun sağlamlığının və məhsuldarlığının qorunmasına, ərzaq təhlükəsizliyinin artırılmasına kömək edir.

Bu məqalədə təqdim olunan riyazi kalibrləmə texnikasına əsasən, xətti interpolasiyanın ağıllı suvarma sisteminə inteqrasiyası əhəmiyyətli üstünlüklər təqdim edir. Su səviyyəsinin sensorunun dəqiqliyi bu riyazi kalibrləmə üsulu ilə əhəmiyyətli dərəcədə artır və məlumatlı suvarma qərarlarının qəbulu üçün etibarlı məlumat verir. Sistemin torpağın rütubət səviyyəsini dəqiq qiymətləndirməsinə imkan verməklə, bununla da həddindən artıq və ya az suvarma ilə bağlı riskləri azaltmaqla xətti interpolasiyadan istifadə ümumi suvarma planlamasını yaxşılaşdırır. Xüsusilə, su israfını azaltmaqla və davamlı əkinçilik üsullarına riayət etməklə bu strategiya resursların səmərəliliyini artırır. Xətiləşdirmə də dəqiqliyi artırır. Bundan əlavə, yanaşma ağıllı suvarma sistemi ilə bağlı məlumatlara əsaslanan qərarların qəbul edilməsinin etibarlılığını artırır və bu da öz növbəsində maraqlı tərəflərin yaxşı məlumatlı və effektiv idarəetmə qərarları qəbul etmək üçün sistemin düzgünlüyünə inamını artırır. Xətti interpolasiya bu yazıda təqdim olunan ağıllı suvarma sistemində sensorları, xüsusən də su səviyyəsi sensorlarını dəqiq kalibrləməklə kənd təsərrüfatı əməliyyatlarını effektiv şəkildə optimallaşdırır. Bu təkmilləşdirmə daha yaxşı suvarma cədvəlinə imkan verir, torpağın

rütubətinin dəqiq ölçülməsinə zamanət verir və su itkisini azaldır. Nəticə davamlı təcrübələrə uyğun olaraq daha yüksək resurs səmərəliliyidir. Üstəlik, təkmilləşdirilmiş dəqiqlik məhsulun məhsuldarlığına, bitki sağlamlığına müsbət təsir göstərir və ümumi kənd təsərrüfatı məhsulunu artırır.

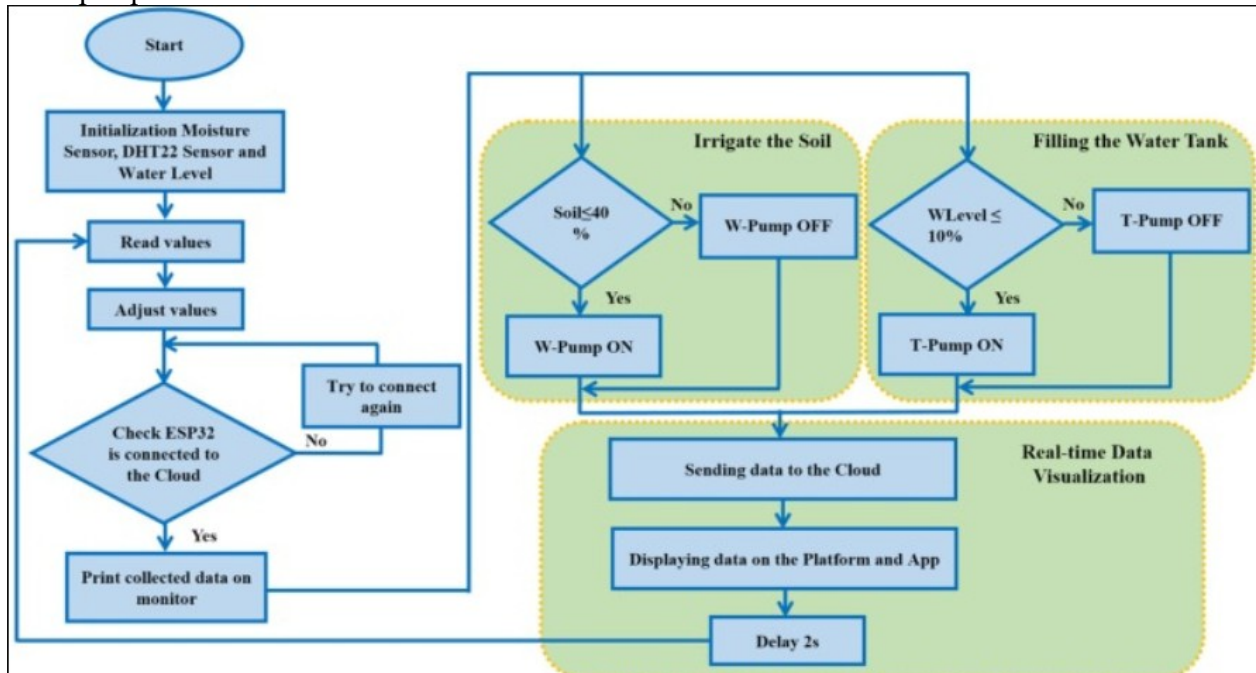
Bu bölmədə fermerlərə dəqiq nəticələr verəcək su səviyyəsi sensorunun kalibrlənməsi üsulu daxildir. Bu kalibrləmə texnikası prosesə effektiv nəzarəti asanlaşdırmaqla, torpağın sorunsuz və təhlükəsiz suvarılmasının idarə edilməsi imkanlarını optimallaşdırır. Bu strategiya müəlliflər tərəfindən irəli sürülən yanaşmalardan nəzərəcarpacaq dərəcədə fərqlənir

3 . Təklif olunan sxemin algoritmi və V-modeli

Təklif olunan yanaşmanın alqoritmik aspekti üç əsas elementdən ibarətdir. Bu, metodun necə işlədiyini göstərən vizual axın sxemi ilə başlayır. Sonra, ESP32 stansiyasına daxil olmaq və Wi-Fi bağlantısı qurmaq prosesini izah edir. Nəhayət, psevdokodu, sistem avadanlığının təfərrüatlarını və V Modelini təqdim edir. Alqoritmik təsvir və avadanlıq məlumatlarının bu birləşməsi sistemin necə işlədiyini anlamaq istəyən tədqiqatçılar, tərtibatçılar və həvəskarlar üçün dəyərli mənbədir.

3.1 . Təklif olunan sxemin axın sxemi

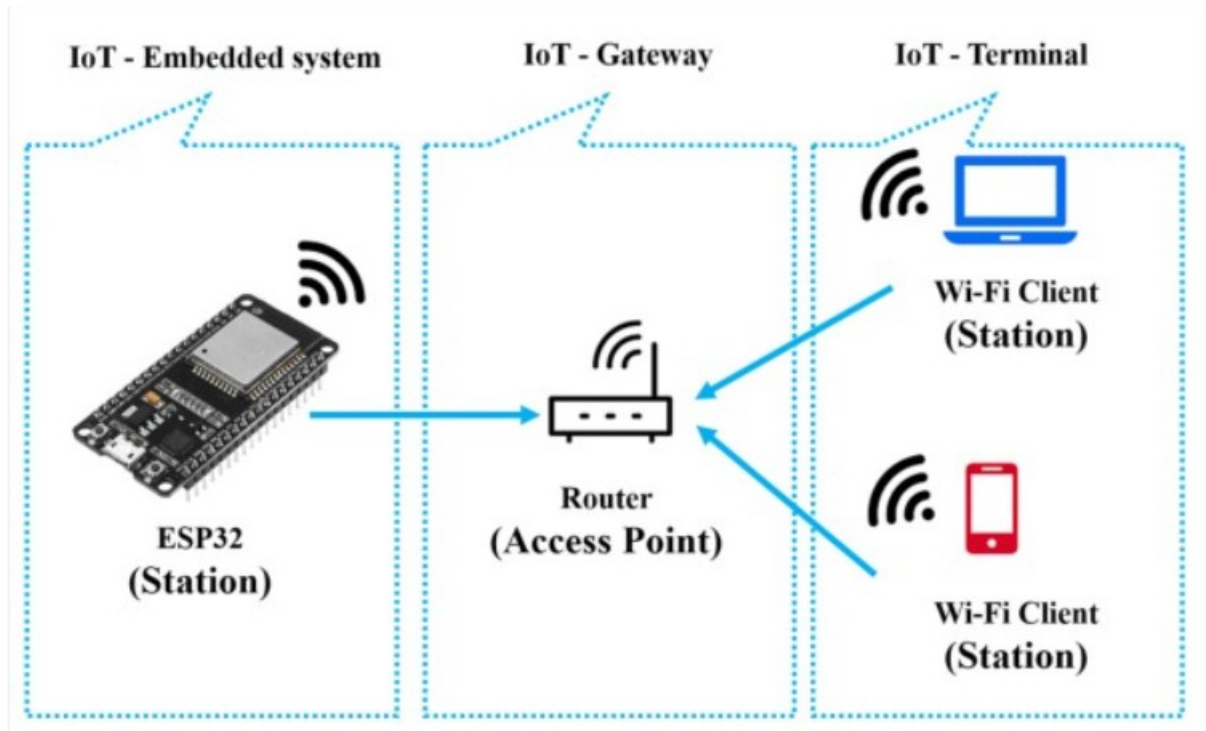
Xüsusilə ağıllı kənd təsərrüfatı üçün yaradılmış ağıllı suvarma sistemi alqoritm Şəkil 4- də ətraflı şəkildə göstərilmişdir . Alqoritm sensorların işə salınmasından başlayaraq sensorlar məlumatlarının həm ThingSpeak platformasında, həm də ThingView tətbiqində göstərilməsi ilə bitən program kodunun bütün mərhələlərini əhatə edir.



Şəkil 4. Təklif olunan ağıllı suvarma sisteminin axın diaqramı .

3.2 . ESP32 stansiyasına giriş

Quraşdırılmış sistem (ESP32) adətən simsiz marşrutlaşdırıcı ilə əlaqələndirilir və bu vəziyyətlərdə ESP32-nin yerli şəbəkəyə qoşulması üçün giriş nöqtəsi kimi çıxış edir. Əksər hallarda, ESP32 bir stansiya kimi qurulur, ona marşrutlaşdırıcıya qoşulmaq və şəbəkəyə daxil olmaq imkanı verir. Bu quraşdırmada onu idarə etmək üçün ESP32 ilə eyni yerli şəbəkəyə qoşulmalıyıq. Bu o deməkdir ki, biz eyni şəbəkəyə qoşulmuş istənilən cihazdan ESP32-ni idarə edə bilərik, məsələn, IoT daxil edilmiş sistemlər (digər ESP32 cihazları daxil olmaqla), IoT şlüzləri (buraya marşrutlaşdırıcılar daxil ola bilər) və təsvirdə göstərilirdi kimi fərdi kompüterlər və ya smartfonlar kimi IoT terminalları. Şəkil 6- da . Sistemimiz ESP32-yə həmin şəbəkənin əhatə dairəsinin istənilən yerindən daxil ola və idarə edə bilər, çünki bu cihazlar ona qoşulur.



Şəkil 5. ESP32 stansiyasına istənilən yerdən daxil olmaq.

NƏTİCƏ

Bu bölmədə biz təklif olunan Ağıllı Suvarma Sisteminin ətraflı təhlilini təqdim edirik, o cümlədən onun nəticələri və mövcud elmi məqalələrlə müqayisədə səmərəliliyi. Sistemin kənd təsərrüfatının davamlılığına necə təsir etdiyinə və ərzaq təhlükəsizliyini təmin etməyə necə kömək etdiyinə də baxırıq. Bu tədqiqatın yeniliyi onun quraşdırılmış bulud hesablamaları və IoT kimi qabaqcıl texnologiyaların integrasiyasındadır. Sistem IoT cihazlarından, sensorlardan və aktuatorlardan istifadə etməklə suvarma əməliyyatlarını real vaxt rejimində izləməyə və idarə etməyə imkan verir. Bulud hesablamalarından istifadə məlumatların saxlanması, təhlilə və qərarların qəbuluna imkan verir ki, bu da suvarma nəzarətinin yaxşılaşdırılması və suyun optimal istifadəsi ilə nəticələnir. Bu yeni strategiya suvarma əməliyyatlarının dəqiqliyini, effektivliyini və davamlılığını təkmilləşdirməklə ənənəvi yanaşmaları dəyişdirir. ThingSpeak platformalarına və ThingView tətbiqinə səmərəli şəkildə göndərilən simulyasiya edilmiş sensorlardan alınan məlumatlar temperatur və rütubət kimi ətraf mühit parametrlərini təmsil edir. Məlumatlar rabitə üçün MQTT protokolundan istifadə edərək real vaxt rejimində sensor yeniləmələrini simulyasiya edərək müntəzəm olaraq təhlükəsiz şəkildə təmin edilir. Bulud platformaları, sahə məlumatlarında olduğu kimi, real vaxt rejimində monitoring və təhlil etməyə imkan verən qrafiklər və diaqramlardan istifadə edərək məlumatları dəqiq vizuallaşdırmaq üçün konfigurasiya edilə bilər. Sensor məlumatları real vaxt rejimində həm ThingSpeak buluduna, həm də ThingView-ə ötürüldüyü üçün fermerlər dünyanın istənilən yerindən hərtərəfli təsərrüfat məlumatlarına daxil ola bilərlər. Bu imkan məhsulu daha dəqiq suvarmağa və məhsuldarlığı artırmağa imkan verir. Tədqiqatın nəticələri təklif olunan ağıllı suvarma sistemindən istifadə edərkən torpağın suvarılması üçün su sərfinin 70% azaldığını nümayiş etdirir. Bu sənəd su ehtiyatlarını qorumaq və ərzaq təhlükəsizliyini artırmaq üçün IoT, quraşdırılmış sistemlər və bulud hesablamaları ilə idarə olunan ağıllı suvarma sistemlərinin əhəmiyyətli vədlərini vurğulayır.

ƏDƏBİYYAT

Səid, A. M., Kamal, A. E. və Afifi, H. (2021). IoT-ə əsaslanan yaşıl və ağıllı şəhərlər üçün ağıllı park paylaşma sistemi. *Kompüter Rabitəsi*, 172, 10-18.

- Awaisi, K. S., Abbas, A., Zareei, M., Khattak, H. A., Khan, M. U. S., Ali, M., ... & Shah, S. (2019). Dumana doğru səmərəli parking arxitekturasını işə saldı. *IEEE Access*, 7, 159100-159111.
- Maqo, N., Mittal, M., Bhimavarapu, U. və Battineni, G. (2022). Qabaqcıl diqqəti aşkarlama metodundan və hibrid xüsusiyyətlərin çıxarılması modelindən istifadə edərək ağıllı şəhərlər üçün optimallaşdırılmış açıq parking sistemi. *Elm üçün Taibah Universitetinin jurnalı*, 16(1), 401-414.
- Ənvarul, S. (2021, dekabr). Effektiv Minimum Ağac əsaslı Rəng Şəklinin Seqmentasiyası Yanaşma. *Beynəlxalq Qabaqcıl Hesablama Konfransında* (s. 588-598). Springer, Cham.
- Krishnan, R. S., Narayanan, K. L., Bharathi, S. T., Deepa, N., Murali, S. M., Kumar, M. A., & Prakash, C. R. T. (2022). Maşın Öyrənməsinə əsaslanan Səmərəli və Təhlükəsiz Avtomobil Parking Sistemi. *Əşyaların İnterneti və Maşın Öyrənməsində Son İnkişafalarda* (səh. 129-145). Springer, Cham.
- Tekouabou, S. C. K., Cherif, W. və Silkan, H. (2020). IoT və ansambl əsaslı model ilə ağıllı şəhərlərdə parking əlçatanlığının proqnozlaşdırılmasının təkmilləşdirilməsi. *Kral Səud Universiteti-Kompüter və İnformasiya Elmləri Jurnalı*.
- Siddiqui, S. Y., Khan, M. A., Abbas, S., & Khan, F. (2020). Dərin ekstremal öyrənmə maşınından istifadə edərək yol nəqliyyatı dayanacağı üçün ağıllı doluluğun aşkarlanması. *Kral Səud Universiteti-Kompüter və İnformasiya Elmləri Jurnalı*.
- Errouso, H., Malhene, N., Benhadou, S., & Medromi, H. (2020). Daha yaxşı çatdırılma məntəqəsinin idarə edilməsi üçün avtomobil parkının mövcudluğunun proqnozlaşdırılması. *Procedia Kompüter Elmləri*, 170, 203-210.
- Ənvarul, S. və Coşi, D. (2020). TensorFlow ilə Dərin Öyrənmə. *Real Zaman Tətbiqlərində Maşın Öyrənməsi və Dərin Öyrənmə* (səh. 96-120), IGI Global.