

MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI CERCETĂRII AL REPUBLICII MOLDOVA

Universitatea Tehnică a Moldovei

Facultatea Calculatoare, Informatică și Microelectronică

Departamentul Informatică și Ingineria Sistemelor

Admis la susținere

Șefa departament: conf. univ., dr. V. Sudacevschi

_____” _____

**Sistem inteligent de monitorizare și irigare a
plantelor de cameră**

Teză de master în

Calculatoare și Rețele Informaționale

Masterand: _____ (Voitcovski Vladislav)

Conducător: _____ (Cojuhari Irina)

Chișinău, 2024

ADNOTARE

Teza de master cu titlul “Sistem inteligent de monitorizare și irigare a plantelor de cameră” elaborată de studentul grupei CRI-221M, Voitcovschi Vladislav, Universitatea Tehnică a Moldovei. Proiectul este alcătuit din introducere, trei capitole, concluzii, bibliografie din 27 de titluri, 35 de figuri și 2 tabele.

Cuvinte cheie: monitorizare, sistem inteligent, irigare, PID, comunicare, reglare.

Scopul fundamental al proiectului a constat în dezvoltarea unui sistem inteligent pentru gestionarea irigației plantelor de cameră, reglarea nivelului de lumină pentru florile, și monitorizarea temperaturii și calității aerului. În plus, s-a implementat un regulator PID pentru controlul procesului de irigare și ajustare a luminozității.

În **primul capitol** al proiectului, a fost efectuată o cercetare asupra sistemelor similare existente pentru monitorizarea și irigarea plantelor de cameră. De asemenea, au fost analizate cerințele specifice ale plantelor de cameră, inclusiv necesarul de umiditate, nivelul de lumină optim și tipurile de soluri recomandate pentru o creștere sănătoasă.

În **al doilea capitol**, s-a detaliat analiza componentelor sistemului, arhitectura funcționării acestuia, și mediile de dezvoltare folosite pentru carcasa și aplicația.

În cadrul **capitolului trei**, s-a realizat proiectarea în 3D a carcasei, s-a dezvoltat aplicația, s-a scris codul de funcționare în limbajul C++, și s-a implementat regulatorul PID pentru controlul precis al cantității de apă și fluxului de lumină furnizate plantelor de cameră.

ANNOTATION

Master's thesis entitled "Intelligent monitoring and irrigation system for chamber plants" developed by the student of group CRI-221M, Voitcovski Vladislav, Technical University of Moldova. The project consists of introduction, three chapters, conclusions, bibliography of 27 titles, 35 figures and 2 tables.

Keywords: monitoring, intelligent system, irrigation, PID, communication, control. The fundamental aim of the project was to develop a smart system for managing the irrigation of chamber plants, adjusting light levels for flowers, and monitoring temperature and air quality. In addition, a PID controller was implemented to control the irrigation process and adjust the brightness.

In the **first chapter** of the project, research was carried out on similar existing systems for monitoring and irrigating chamber plants. The specific requirements of chamber plants were also analysed, including moisture requirements, optimal light levels and recommended soil types for healthy growth.

In the **second chapter**, the analysis of the system components, the architecture of its operation, and the development environments used for the housing and application were detailed.

In **chapter three**, the 3D design of the enclosure was performed, the application was developed, the operating code was written in C++ language, and the PID controller was implemented to precisely control the amount of water and light flow provided to the chamber plants.

CUPRINS

DECLARAȚIE	4
ADNOTARE	4
ANNOTATION.....	6
INTRODUCERE	8
1 ANALIZA DOMENIULUI DE IRIGARE A PLANTELOR DE CAMERĂ.....	10
1.1. Actualitatea temei	10
1.2. Definierea problemei.....	11
1.3 Analiza dispozitivelor existente de irigare automată.....	12
1.4. Soluția propusă	17
1.5 Analiza plantelor de cameră vizate în sistem	19
2 PROIECTAREA SISTEMULUI DE IRIGARE A PLANTELOR DE CAMERĂ	22
2.1 Descrierea componentelor sistemului.....	22
2.2. Arhitectura sistemului	26
2.3 Sinteza algoritmului de reglare PID	28
2.4 Protocolul de comunicare	31
2.5 Mediul de proiectare 3D.....	33
2.6 Mediul de dezvoltare a aplicației.....	34
3 IMPLEMENTAREA SISTEMULUI INTELIGENT DE IRIGARE A PLANTELOR DE CAMERĂ	36
3.1 Proiectarea 3D	36
3.2 Diagrama cazurilor de utilizare a aplicației HUMI_CTRL.....	39
3.3 Aplicația HUMI_CTRL pentru sistemul hardware	40
3.3 Sinteza regulatorului PID	43
CONCLUZII	47
Bibliografie.....	49
Anexa 1	53
Anexa 2	56

INTRODUCERE

În ultimele decenii, o preocupare tot mai mare pentru mediul înconjurător și o dorință de a aduce natura mai aproape de viața cotidiană au crescut popularitatea plantelor de cameră. Plantele de cameră nu doar adaugă o notă de frumusețe în locuințe și birouri, ci și contribuie la îmbunătățirea calității aerului și a stării de bine. Cu toate acestea, menținerea unui mediu adecvat pentru plantele de cameră, în special în ceea ce privește umiditatea, poate fi o sarcină dificilă și uneori neintuitivă pentru proprietarii acestora.

Horticultura este o ramură a științelor agricole care se ocupă cu cultivarea plantelor, în special a plantelor legumicole, fructifer, ornamentale și a altor plante utile. Domeniul horticulturii acoperă o gamă largă de activități, inclusiv producția de fructe, legume, flori, plante ornamentale, plante medicinale și plante aromatice. Acesta include, de asemenea, gestionarea solului, apei și a altor resurse, precum și aplicarea practicilor agricole durabile.

Internetul Lucrurilor (IoT) redefinește modul în care obiectele de zi cu zi interacționează, transformându-le în entități inteligente conectate la internet. Această paradigmă tehnologică permite obiectelor fizice să colecteze și să schimbe date în timp real, aducând inovații în domenii precum sănătatea, agricultura și orașele inteligente. De la monitorizarea constantă a parametrilor vitali în sănătate la optimizarea proceselor agricole și gestionarea eficientă a orașelor, IoT aduce beneficii semnificative. Cu toate acestea, securitatea și confidențialitatea datelor rămân provocări importante în evoluția continuă a IoT.

Combinarea dintre horticultură și Internetul Lucrurilor aduce eficiență și optimizare în gestionarea creșterii plantelor. Această integrare oferă horticultorilor date precise pentru decizii informate, contribuind la o agricultură mai sustenabilă și eficientă.

Problema de irigare a plantelor de cameră constă în gestionarea adecvată a apei pentru plantele crescute în interiorul încăperilor. Aceasta implică echilibrarea cantității de apă furnizate pentru a satisface nevoile variate ale plantelor, evitând supraîndurarea sau subaportarea. Diversitatea nevoilor plantelor, dificultatea evaluării umidității solului în interior, variabilitatea condițiilor de mediu și implementarea eficientă a tehnologiilor IoT reprezintă aspecte cheie ale acestei probleme. Soluționarea implică grijă manuală, înțelegerea nevoilor specifice ale plantelor și utilizarea tehnologiilor moderne pentru a asigura un mediu de creștere sănătos și eficient în consumul de apă.

O furnizare eficientă și adecvată de apă pentru irigare are un impact semnificativ asupra productivității agricole și contribuie la conservarea resurselor de apă, în contextul unei preocupări globale crescute legate de deficitul acestora. Excesul de umiditate poate afecta negativ asimilarea

nutrienților de către plante și crește riscul de dezvoltare a bolilor. Există diverse tehnici de control pentru irigare: control în buclă deschisă și control în buclă închisă. Controlul în buclă deschisă se caracterizează prin faptul că datele de ieșire nu sunt utilizate pentru a ajusta intrările în timp real, lăsând procesul să funcționeze conform unor setări predefinite.

Într-un sistem de irigare cu buclă deschisă, programul poate fi pre-setat pentru a funcționa după un anumit program de udare, fără a lua în considerare condițiile de mediu sau starea actuală a solului.

Controlul în buclă închisă, pe de altă parte, implică folosirea datelor primite de la sistem pentru a regla și a ajusta intrările în timp real, permițând adaptarea continuă la schimbările în mediul sau procesul monitorizat.

Într-un sistem de irigare cu buclă închisă, senzorii pot monitoriza umiditatea solului și pot ajusta automat cantitatea de apă furnizată plantelor în funcție de aceste date, asigurând o irigare precisă și eficientă.

În această teză se propune dezvoltarea unui sistem inteligent de irigare pentru plantele de cameră, controlat integral prin intermediul unei aplicații mobile, care să permită utilizatorilor să ajusteze setările de irigare în funcție de nevoile specifice ale fiecărei plante.

Bibliografie

1. YANG, L.; TIANGUANG, Y. Design of the Solar Energy Watering Robot. In *International Journal of Materials, Mechanics and Manufacturing*. August 2015, vol. 3, nr. 3.
2. POPOVICI, N. *Sistem de reglare a umidității solului la creșterea plantelor de cameră* [online] teză de master: Programul de studiu: Calculatoare și Rețele Informaționale. Cond. șt. IZVOREANU Bar-tolomeu. Universitatea Tehnică a Moldovei. Chișinău, 2019 [citată 27.10.2022] Disponibil: <http://repository.utm.md/handle/5014/13441>
3. *ROBOTICA*. Ghidul tău în lumea roboticii [software]. [citată 21.11.2023]. Disponibil:<https://robotica.md/>
4. ZJOU, Y.; ZHOU, Q.; KONG, Q.; Cai, W. Wireless temperature and humidity monitor and control system. In *2nd International Conference on Consumer Electronics, Communications and Networks (CECNet)*, Aprilie 2012, pp. 2246–2250.
5. ALGORITHM FOR SELF-TUNING THE PID CONTROLLER https://jes.utm.md/wp-content/uploads/sites/20/2021/12/JES-2021-4_63-73_10.52326-jes.utm_.2021.284.06.pdf
6. Importanța plantelor de cameră pentru sănătatea noastră [citată 21.11.2023] <https://independent.md/iimportanta-plantelor-dne-camera-pentru-sanatatea-noastra/>
7. Xiaomi Mi Flower [citată 21.11.2023] <https://www.techpunt.nl/en/xiaomi-mi-flower-care-plant-sensor.html>
8. Parrot Flower Power [citată 21.11.2023] https://www.parrot.com/assets/s3fs-public/2021-09/flower-power_user-guide_uk.pdf
9. Bunele practici de creștere a fructelor, strugurilor și pomuşoarelor în contextul schimbărilor climatice [citată 21.11.2023] <https://www.ucipifad.md/wp-content/uploads/2020/07/Bunele-practici-de-cresterea-fructelor-strugurilor-si-pomusoarelor-in-contextul-schimbarilor-climatice-pag.-77-150.pdf>
10. SISTEM INTELIGENT PENTRU MONITORIZAREA ȘI CREȘTEREA PLANTELOR ÎN GHIVECI [citată 21.11.2023] https://users.utcluj.ro/~civan/thesis_files/2020_CorneaJulia.pdf
11. COJUHARI, I.; FIODOROV, I.; IZVOREANU, B.; MORARU, D. Synthesis of PID Controller for the Automatic Control System with Imposed Performance based on the Multi-Objective Genetic Algorithm. In: *Proceedings of the 23rd*

- International Conference on Control Systems and Computer Science, CSCS-2021*, București, România, 26-28 mai 2021. București, România, 2021, pp. 83-88. DOI [10.1109/CSCS52396.2021.00021](https://doi.org/10.1109/CSCS52396.2021.00021).
12. FIODOROV, I.; COJUHARI I.; IZVOREANU, B.; POPOVICI, N.; MORARU, D. Hybrid Fuzzy-PID Controller with Auto-Tuning According to the Stability Degree of the System. In: *Proceedings of the 23rd International Conference on Control Systems and Computer Science (CSCS23)*, 26-28 mai, 2023, București, Romania.
 13. COJUHARI, I.; FIODOROV, I.; IZVOREANU, B.; MORARU, D. Synthesis of PID Algorithm for Speed Control of the DC Motor. In: *Proceedings of the 2022 International Conference on Development and Application Systems (DAS-2022)*, Suceava, România, May 26-28, 2022, pp. 1-5. DOI: 10.1109/DAS54948.2022.9786125
 14. MARCOS, L.; MAI, K. V. Light Spectra Optimization in Indoor Plant Growth for Internet of Things. *2020 IEEE International IOT, Electronics and Mechatronics Conference (IEMTRONICS)*, Vancouver, BC, Canada, 2020, pp. 1-6, doi: 10.1109/IEMTRONICS51293.2020.9216421.
 15. PATIL, T.; MALLAPUR, J. D.; MALLAPUR, D. G. Self Monitored Indoor Plant Maintenance with Wastewater. *2023 International Conference on Network, Multimedia and Information Technology (NMITCON)*, Bengaluru, India, 2023, pp. 1-6, doi: 10.1109/NMITCON58196.2023.10275889.
 16. RAMANI, B. R, R.; VISHVAJITH, R.; SAHOO, S. P.; CHEHUL, CHINNAPPA, T. N. Cloud Based Multi Factor Crop Motoring and Irigation Optimization. *2023 14th International Conference on Computing Communication and Networking Technologies (ICCCNT)*, Delhi, India, 2023, pp. 1-6, doi: 10.1109/ICCCNT56998.2023.10307346.
 17. Dispozitiv de udare automată a plantelor [citat 05.01.2024]<https://amixshop.ro/products/dispozitiv-de-udare-automata-a-plantelor-florilor-wifi-kit-de-irigare-prin-picurare-pentru-20-ghivece-jardiniere-pompa-dubla-udare-pe-doua-zone-temporizator-aplicatie-ios-android>
 18. Kit de irigat la rădăcină [citat 05.01.2024]<https://www.emag.ro/kit-de-irigat-la-radacina-plantelor-florilor-wifi-dispozitiv-de-udare-automata-smart-pentru-20-ghivece-jardinere-2-pompe-programator-irigare-aplicatie-ios-si-android-smart-life-si-ewelink-wd-01ade/pd/DNV5W6MBM/>
 19. Dispozitiv de udare a plantelor [citat 05.01.2024]<https://www.artool.ro/dispozitiv-de-udare-a-plantelor-auto-irigare-cu-sticle-pet-set-2-buc>

20. CHIA-HUI, L. Optimal Indoor Plant Layout for Purifying Indoor Air. *2020 4th International Conference on Smart Grid and Smart Cities (ICSGSC)*, Osaka, Japan, 2020, pp. 160-167, doi: 10.1109/ICSGSC50906.2020.9248542.
21. XIAOYING, T. Design of Automatic Indoor Intelligent Flowerpot and Planting System. *2023 International Conference on Electronics and Devices, Computational Science (ICEDCS)*, Marseille, France, 2023, pp. 362-367, doi: 10.1109/ICEDCS60513.2023.00071.
22. CHAPUNGO, N. J.; POSTOLACHE, O. Sensors and Communication Protocols for Precision Agriculture. *2021 12th International Symposium on Advanced Topics in Electrical Engineering (ATEE)*, Bucharest, Romania, 2021, pp. 1-6, doi: 10.1109/ATEE52255.2021.9425126.
23. ABABII, V.; SUDACEVSCHI, V.; MUNTEANU, S.; ALEXEI, V.; MELNIC, R.; TURCAN, A.; STRUNA, V. Cognitive Distributed Computing System Based on Temporal Logic. *Proceedings of Workshop on Intelligent Information Systems WIIS-2021, October 14-15, 2021*, Chisinau, Republic of Moldova, pp. 16-25, ISBN: 978-9975-68-415-6.
24. ABABII, V.; SUDACEVSCHI, V.; BRANISTE, R.; TURCAN, A.; ABABII, C.; MUNTEANU, S. Adaptive computing system for distributed process control. *International Journal of Progressive Sciences and Technologies. Vol. 22, No 2, September 2020*, pp. 258-264. ISSN 2509-0119.
25. ABABII V., SUDACEVSCHI V., MUNTEANU S., TURCAN A., BOROZAN O., Decision-Making Support System for Quality Smart City Services. *International Journal of Progressive Sciences and Technologies. Vol. 39, No 1, June 2023*, pp. 450-456. ISSN 2509-0119. (Impact Factor: ICV = 79.77; SJIF = 6.662; IFSIJ = 7.625; IJIFM = 7.36), DOI: 10.52155/ijpsat.v39.1
26. TURCAN, A.; ABABII, V.; SUDACEVSHI, V.; MELNIC, R.; ALEXEI, V.; MUNTEANU, S.; ABABII, C. Smart City Services based on Spatial – Temporal Logic. *Journal of Engineering Science 2022, 29 (3)*, pp. 78-85, ISSN: 2587-3474 / E-ISSN: 2587-3482, [https://doi.org/10.52326/jes.utm.2022.29\(3\).07](https://doi.org/10.52326/jes.utm.2022.29(3).07).
27. ABABII, V.; SUDACEVSCHI, V.; TURCAN, A.; MELNIC, R.; CARBUNE, V.; COJUHARI, I. Multi-Objective Decision Making System Based on Spatial-Temporal Logics. *Proceedings of the 24th International Conference on Control Systems and Computer Science (CSCS-2023)*, 24-26 May, 2023, Bucharest, Romania, pp. 6-10, DOI: 10.1109/CSCS59211.2023.00010, (<https://ieeexplore.ieee.org/document/10214749>).

28. YOO, W. -S.; SHAIK, S. A. Development of Home Management System Using Arduino and AppInventor. *2016 IEEE 40th Annual Computer Software and Applications Conference (COMPSAC)*, Atlanta, GA, USA, 2016, pp. 379-380, doi: 10.1109/COMPSAC.2016.96.

29. Fusion 360 [citat 06.01.2023]

Disponibil:<https://www.autodesk.com/products/fusion-360/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>