

APPLICATION OF IOT-BASED SOIL SENSORS AND FUZZY LOGIC TO CONTROL A DRIP IRRIGATION SYSTEM⁸

Reni Kabakchieva

Department of Electronics
University of Ruse "Angel Kanchev"
Ruse, Bulgaria
E-mail: rkabakchieva@uni-ruse.bg

Prof. Boris Evstatiev

Department of Electronics
University of Ruse "Angel Kanchev"
Ruse, Bulgaria
E-mail: bevstatiev@uni-ruse.bg

Abstract: Modern agriculture is unthinkable without the application of new knowledge-intensive and effective technologies for optimization and increase of yields while simultaneously complying with environmental norms. Drip irrigation has the advantages mentioned in this paper and is therefore widely used. The electronic IoT based drip irrigation system presented in this paper aims at process automation and optimization. It was developed at the University of Ruse "Angel Kanchev" and its operability was experimentally verified. The results are shown graphically and the methodology by which the experiments were carried out is described.

Keywords: IoT, Fuzzy Logic, PV-powered, electronic system, LoRa.

ВЪВЕДЕНИЕ

В модерното съвременно земеделие широко се използват автоматизирани системи за напояване, като съществена част от тях прилагат метода на капково напояване (Huntley, J., 2014; MARTÍNEZ J., 2014; Rewatkar, R., 2016). Предимствата са нисък разход на вода, овлажняване само на кореновата система, възможност за торене едновременно с напояването и като резултат значително повишаване на добивите (Fernández-Ahumada, L., 2019; Roopaei, M., 2017; Tenev, B.). Използват се безжични датчици, предоставящи информация за състоянието на насажденията и нуждата от напояване (Rathore, P., 2018; Ho et al, 2015; Liao Z., 2012). Настоящата статия представя експериментални резултати от приложението на разработена в РУ "Ангел Кънчев" автоматизирана електронна система за капково напояване, използваща IoT базирани електронни модули, измерващи почвени параметри като влажност, температура, проводимост, концентрация на азот, фосфор и калий. Чрез LoRa безжична свързаност тези параметри се предават на централен мастер модул, който чрез USB интерфейс ги подава като входни данни в управляващ компютър. На базата на измерените и получени почвени параметри чрез разработен софтуер, използващ метода на Fuzzy Logic (Taneva A.; Mohammed; Lia, M. 2019) се определя времето за работа на водната помпа, захранваща системата за капково напояване. Опитната проверка на електронната система доказва нейната работоспособност за поддържане на оптимална влажност на почвата в реалните условия на ябълкова градина, намираща се в с. Горно Абланово, община Русе, област Русе.

⁸ Докладът е представен на 25 октомври 2024 г. в секция „Електротехника, електроника и автоматика“ с оригинално заглавие на български език: ПРИЛОЖЕНИЕ НА ИОТ-БАЗИРАНИ ПОЧВЕНИ СЕНЗОРИ И "РАЗМИТА ЛОГИКА" ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА СИСТЕМА ЗА КАПКОВО НАПОЯВАНЕ

ИЗЛОЖЕНИЕ

Опитна постановка

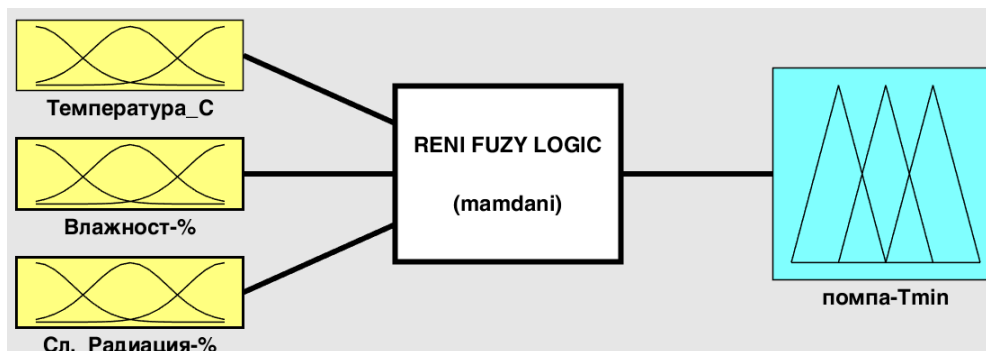
Използвани са три IoT слейв електронни модула, разположени на около 50 м един от друг, и един IoT мастер модул, разположен на 150 м от тях и свързан чрез USB интерфейс с управляващ компютър – фиг. 1.



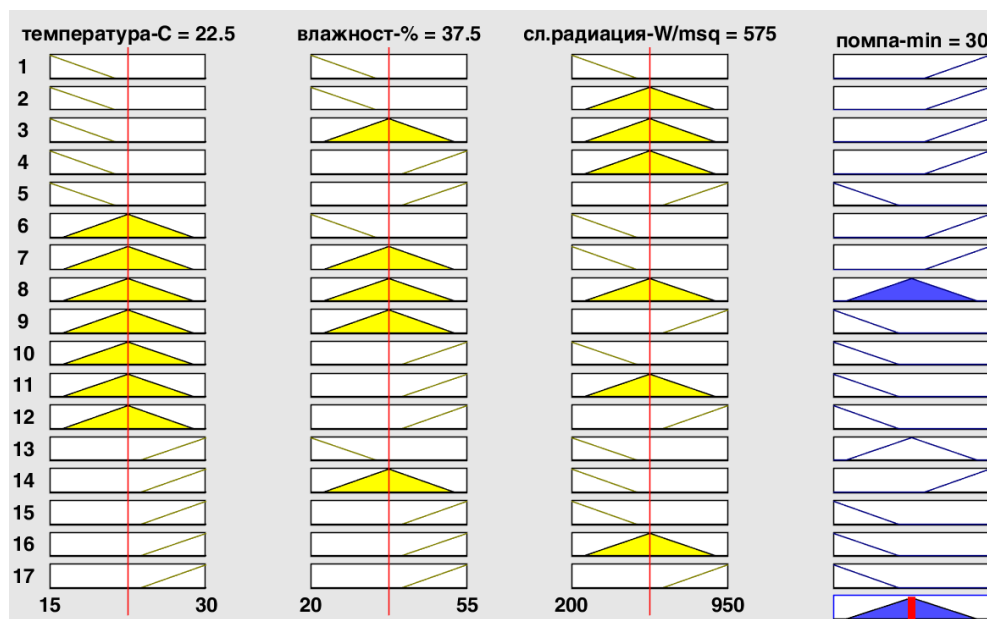
Фиг. 1. IoT слейв и мастер електронни модули и управляващ компютър, разположени в ябълкова градина

Методика на изследването

IoT системата за капково напояване е активирана в периода 22 – 30 юни 2024г. и е работила по 20 минути три пъти дневно в периода 9:40 – 10:00ч., 13:40 – 14:00ч. и 18:40 – 19:00ч. От трите измервания в съответния 20-минутен времеви интервал е изчислена средноаритметичната стойност, защото не може да се очаква съществено изменение на почвените параметри за такъв кратък период, а същевременно се минимизират случайни грешки. По този начин са генерирани по 3 измервания дневно или общо за девет дни – 54 измервания. Същевременно е измервана и слънчевата радиация, която заедно с влажността и температурата на почвата са входните параметри за определяне на времетраенето на поливането, определено чрез метода на “размита логика” (Li et al, 2019). Използван е софтуерния пакет MATLAB v.2020b app Fuzzy Logic Designer. Формиран е Fuzzy Logic модул с три входни параметъра и един изходен – фиг. 2. Зададени са логическите правила за работа на модула, представени графично на фиг. 3.

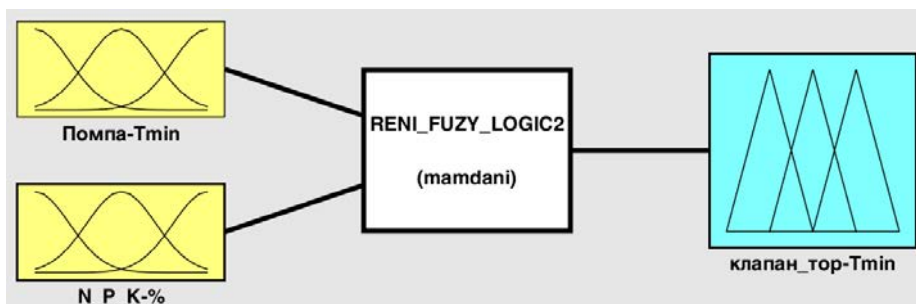


Фиг. 2. Блок схема на конфигурирания Fuzzy Logic модул

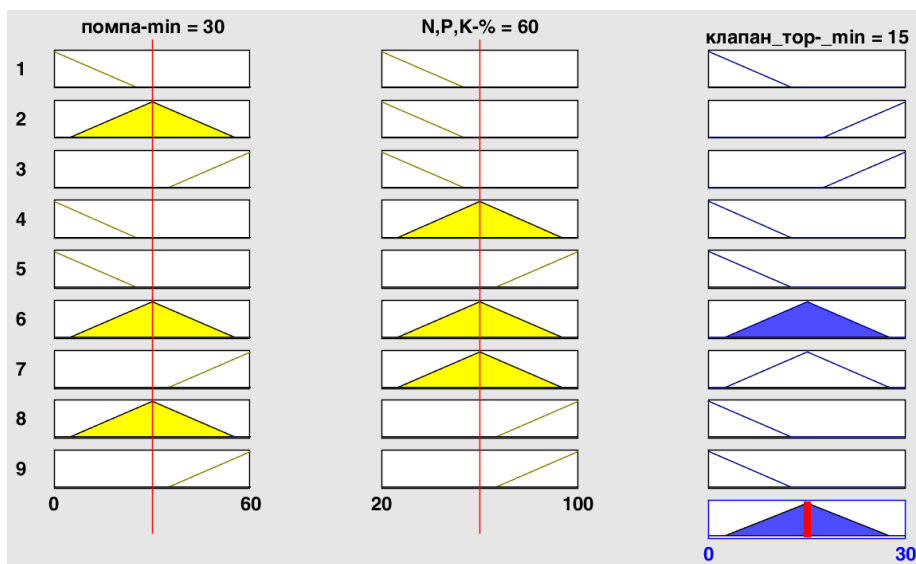


Фиг. 3. Логически правила в графичен вид за работа на Fuzzy Logic модула

В IoT системата за капково напояване е предвиден и резервоар за течен тор, който се добавя във водата за поливане при нужда. Понеже сензорите за почвени параметри измерват и концентрацията на азот, фосфор и калий, тази информация може да се използва за управление на процеса на торене. За целта е конфигуриран още един Fuzzy Logic модул. Неговите входни параметри са времето за работа на водната помпа и концентрацията на N, P, K в почвата. Изходният параметър е времето, през което електромагнитният клапан на резервоара за течен тор е отворен. Блок схемата на втория Fuzzy Logic модул е показана на фиг. 4, а логическите правила за работа на модула са представени графично на фиг. 5.



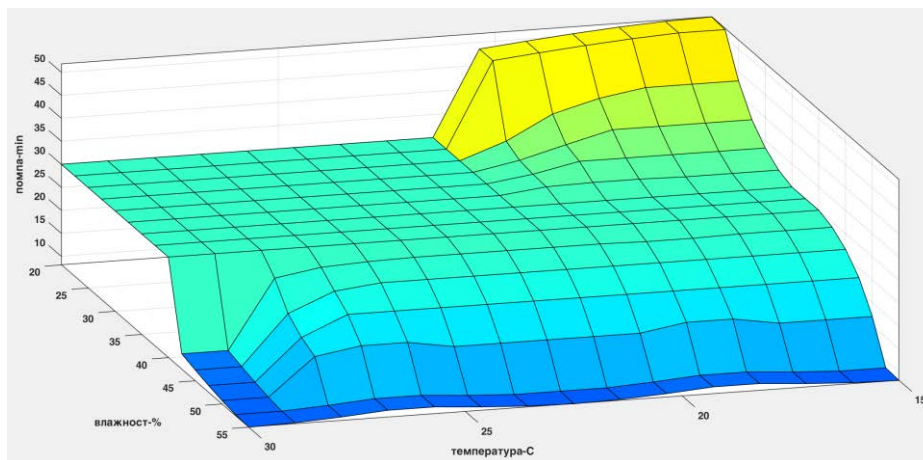
Фиг. 4. Блок схема на конфигурирания втори Fuzzy Logic модул



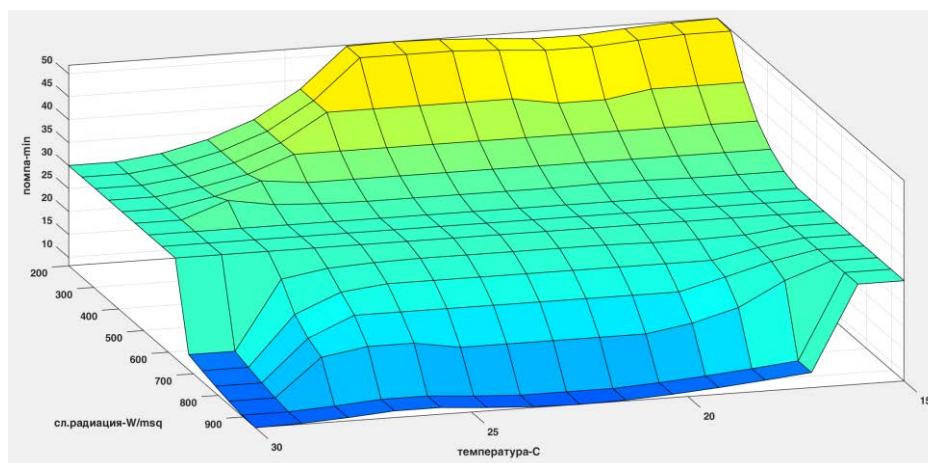
Фиг. 5. Логически правила в графичен вид за работа на втори Fuzzy Logic модул

Експериментални резултати

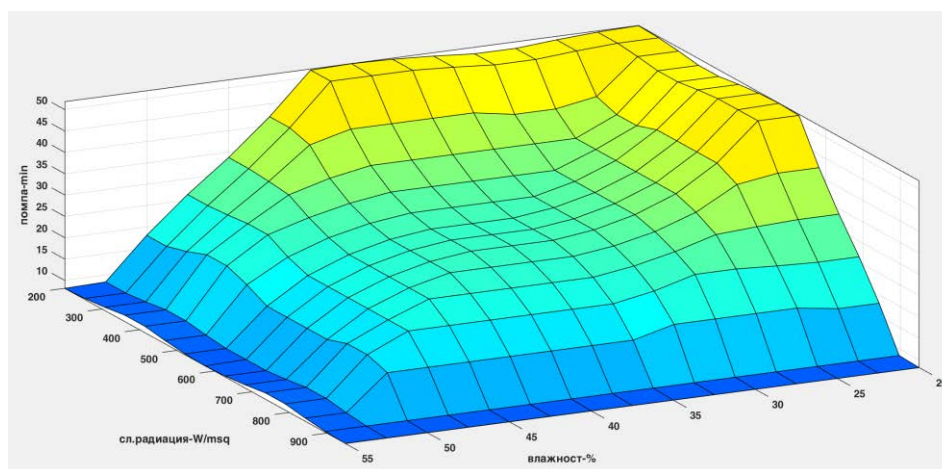
Получените резултати от използването на синтезираните Fuzzy Logic модули са показани на фиг. 6, 7, 8 и 9.



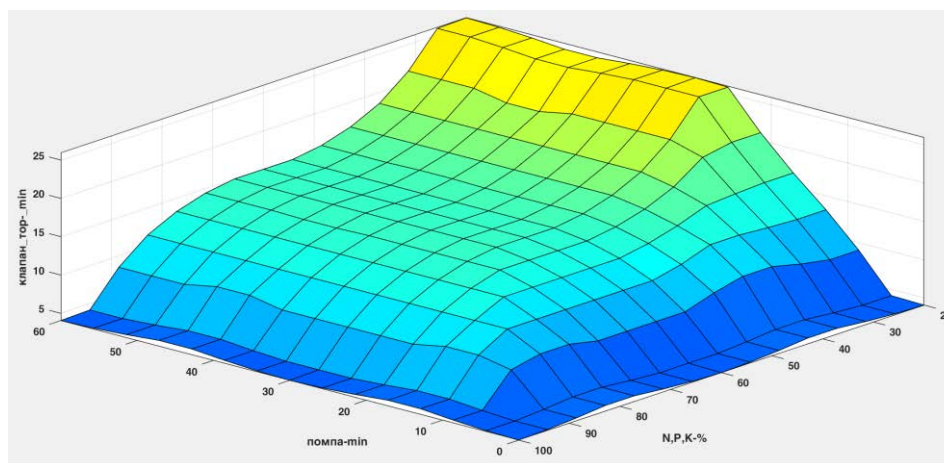
Фиг. 6. Време за работа на помпата в зависимост от влажността и температурата на почвата



Фиг. 7. Време за работа на помпата в зависимост от сл. радиация и температурата на почвата



Фиг. 8. Време за работа на помпата в зависимост от сл. радиация и влажността на почвата



Фиг. 9. Активно време на клапана за течен тор в зависимост от времето за работа на водната помпа и концентрацията на N, P, K

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Експерименталната проверка на работоспособността на разработената в РУ “Ангел Кънчев” IoT базирана електронна система за капково напояване, използваща “размита логика”, показва нейната работоспособност в реални условия. Получените резултати съвпадат с очакваните на база експертен опит на специалисти в агрономията. В бъдещи изследвания следва да се определи повишаването на добивите при използването на IoT базирана електронна система за капково напояване. Тези изследвания следва да се проведат в продължение най-малко на две години, за да бъдат данните достоверни.

ACKNOWLEDGMENT

Настоящото изследване е финансирано по проект 2024–EEA-02 „Разработване и изследване на фотоволтаична система, захранваща сензорни устройства в оранжерии“.

REFERENCES

- Ho, A. M., Jaafar, H. Z., Grozescu, I. V., & Zaharin, M. Z. A. B. (2015). *Solar Powered Gravity-Feed Drip Irrigation System Using Wireless Sensor Network*. International Journal of Environmental Science and Development, 6(12), 970.
- Huntley J. (2014) *Design and evaluation of a drip irrigation system on Apple orchard in Julian, CA*, BioResource and Agricultural Engineering Department California Polytechnic State University San Luis Obispo
- Liao Z., S. Dai, and C. Shen, (2012) *Precision agriculture monitoring system based on wireless sensor networks*, Proc. ICWCA International Conf. on Wireless Communications and Applications, pp. 1-5.
- Li, M., Sui, R., Meng, Y., & Yan, H. (2019). A real-time fuzzy decision support system for alfalfa irrigation. Computers and Electronics in Agriculture, 163, 104870.
- MARTÍNEZ J., RECA J. (2014) *Water use efficiency of surface drip irrigation versus an alternative subsurface drip irrigation method*. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. Vol. 745. Iss. 1 p. 733–743.
- Mohammed, B., Bekkay, H., Migan-Dubois, A., Adel, M., & Rabhi, A. (2021). *An intelligent irrigation system based on fuzzy logic control: A case study for Moroccan oriental climate region*. In 2nd international conference on Embedded Systems and Artificial Intelligence (ESAI'21).
- Rewatkar R. R., S. B., Hedau, S. R., Mudliyar, M. A., Dharmik, and P. A., Bhede, (2016) *Automation in drip irrigation using embedded control system*. International Journal of Science, Engineering and Technology Research (IJSETR). 5(4), 860–863

Fernández-Ahumada, L. M., Ramírez-Faz, J., Torres-Romero, M., & López-Luque, R. (2019). *Proposal for the design of monitoring and operating irrigation networks based on IoT, cloud computing and free hardware technologies*. Sensors, 19(10), 2318.

Roopaei, M., Rad, P., Choo, K.R., Choo, R., (2017) *Cloud of things in smart agriculture: intelligent irrigation monitoring by thermal imaging*. IEEE Cloud Comput. 4, 10–15.

Rathore, P. K. S., Das, S. S., & Chauhan, D. S. (2018). *Perspectives of solar photovoltaic water pumping for irrigation in India*. Energy strategy reviews, 22, 385-395.

Taneva A., I. Ganchev M. Petrov. (2019) *Fuzzy logic in control*, TU Sofia, Plovdiv branch, Faculty of Electronics and Automation, Control Systems Department, 25 Tsanko Dyustabanov Str., 4000 Plovdiv, Bulgaria

Tenev, B. (2012) *OPERATING MANUAL FOR DRIP IRRIGATION SYSTEM FOR APPLE PLANTATION*. Water and Rural Institute – Sofia, <http://www.thewri.eu/documents/techs/1.pdf>
(**Оригинално заглавие:** Бойчо Тенев, инж-ик. РЪКОВОДСТВО ЗА ЕКСПЛОАТАЦИЯ НА СИСТЕМА ЗА КАПКОВО НАПОЯВАНЕ НА ЯБЪЛКОВО НАСАЖДЕНИЕ. Институт по водите и селските райони – София)