

Л. І. Леві

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», Полтава, Україна

## КЕРУВАННЯ ВОЛОГОЗАБЕЗПЕЧЕНІСТЮ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР ПРИ КРАПЕЛЬНОМУ ЗВОЛОЖЕННІ НА ОСНОВІ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ

**Анотація.** Системи крапельного зрошення широко використовуються для вирощування різноманітних сільськогосподарських культур як у теплицях, так і на відкритих ділянках різного розміру, від невеликих приватних садових ділянок до фермерських господарств. Особливість даного типу зрошення у тому, що вода повільно подається краплями або струменями у заданий час і у заданій кількості безпосередньо до коренів кожної рослини. При цьому витрата води зменшується на 20-50% у порівнянні з поверхневим поливом і дощуванням, попереджається надлишковий полив і внаслідок цього підняття рівня ґрунтових вод та засолення ґрунту, не ущільнюється верхня частина ґрунту, знижується рівень розростання бур'яну. При проведенні зрошення необхідно враховувати вплив випадково змінних погодних факторів і щоденно коригувати поливну норму. Структурна схема автоматизованої системи керування (АСК) вологозабезпеченості модульної ділянки за допомогою крапельного зрошення являє собою комбіновану систему керування з регулятором, який складається з двох послідовно з'єднаних ланок. Перша ланка визначає допустиму частку недополиву рослин у відсотках, враховуючи дані метеопрогнозу на наступний день. Очевидно, що допустима частка недополиву буде тим більша, чим більше значення прогнозованих опадів. Друга ланка обраховує завдання всмоктуючого тиску (вологості) на поточний день, враховуючи рекомендації першого регулятора, і подає керуючі впливи на виконавчі механізми. Метою статті є розробка методу керування вологістю ґрунту за допомогою крапельного зрошення на основі нечіткої логіки. Для визначення частки недополиву використано алгоритми нечіткої логіки. В якості вхідної змінної використовуються дані метеопрогнозу по опадах на наступний день. Вихідною змінною є допустима частка недополиву рослин на поточний день. Запропонована АСК вологозабезпеченості сільськогосподарських культур при крапельному зрошенні дозволяє підвищити точність керування вологістю завдяки оперативному врахуванню змінних збурень на об'єкт і забезпечити отримання планової врожайності при раціональному використанні енергетичних і водних ресурсів. Напрямок подальших досліджень слід вважати розробку концепції застосування інтелектуальних методів підтримки прийняття рішень в умовах багатокритеріальності в задачах оптимального керування вологозабезпеченістю сільськогосподарських культур. Це дозволить економити водні та енергетичні ресурси з одночасним забезпеченням отримання планового врожаю.

**Ключові слова:** системи крапельного зрошення, автоматизована система керування вологозабезпеченістю, алгоритми нечіткої логіки, терм-множини, лінгвістичні змінні, база нечітких лінгвістичних правил.

### Вступ

**Постановка проблеми.** Системи крапельного зрошення широко використовуються для вирощування різноманітних сільськогосподарських культур як у теплицях, так і на відкритих ділянках різного розміру, від невеликих приватних садових ділянок до фермерських господарств.

Особливість даного типу зрошення у тому, що вода повільно подається краплями або струменями у заданий час і у заданій кількості безпосередньо до коренів кожної рослини.

При цьому витрата води зменшується на 20-50% у порівнянні з поверхневим поливом і дощуванням, попереджається надлишковий полив і внаслідок цього підняття рівня ґрунтових вод та засолення ґрунту, не ущільнюється верхня частина ґрунту, знижується рівень розростання бур'яну. При проведенні зрошення необхідно враховувати вплив випадково змінних погодних факторів і щоденно коригувати поливну норму [1 - 3].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Структурну схему автоматизованої системи керування (АСК) вологозабезпеченістю сільськогосподарських культур у межах модульної ділянки за допомогою крапельного зрошення наведено на рис. 1, де введені такі позначення:

$W_z$  - задана вологість ґрунту,  
 $W$  - реальна вологість ґрунту,  
 $E_w = W_z - W$  - розузгодження,  
 $C_d$  - регулятор частки недополиву рослин,  
 $d$  - частка недополиву рослин,  
 $C_w$  - регулятор всмоктуючого тиску (вологості) ґрунту,  
 $U_c$  - керуючий сигнал,  
 $AM$  - виконавчий механізм,  
 $RB$  - регулюючий орган, при цьому зазначимо, що у даному випадку об'єктом керування є модульна ділянка ґрунту,  
 $LE1$  - датчик появи дощу,  
 $ME1$  - датчик всмоктуючого тиску (вологості) ґрунту,  
 $ME2$  - датчик вологості повітря,  
 $TE$  - датчик температури повітря,  
 $LE2$  - датчик опадів,  
 $RE$  - датчик освітленості,  
 $SE$  - датчик швидкості вітру.

Дана схема являє собою комбіновану систему керування з регулятором, який складається з двох послідовно з'єднаних ланок [4, 5]. Перша ланка визначає допустиму частку недополиву рослин у відсотках, враховуючи дані метеопрогнозу на наступний день.

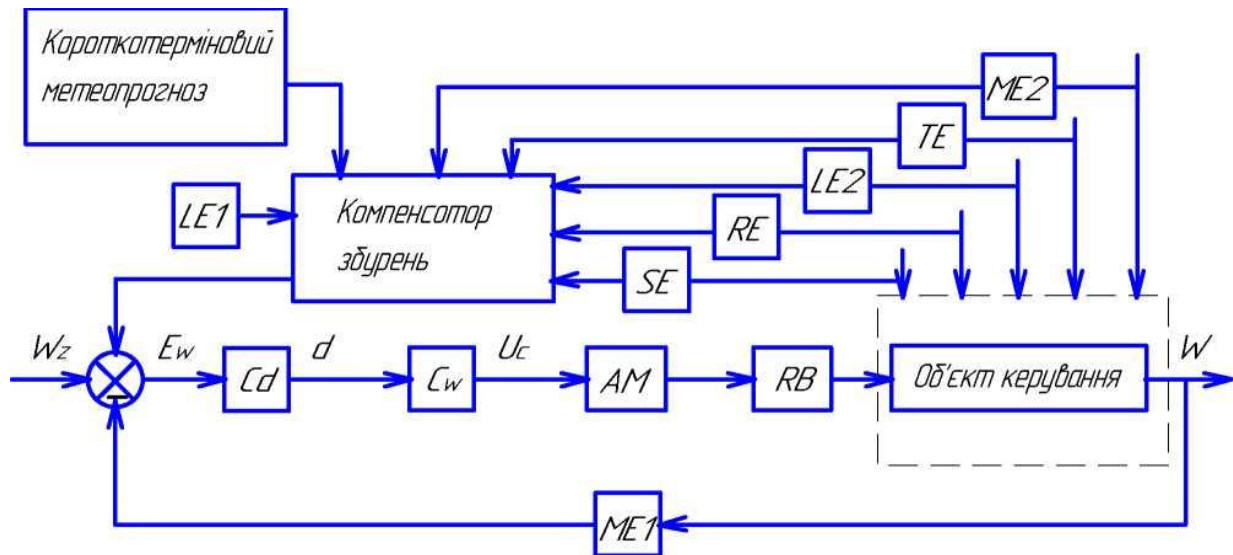


Рис. 1. Структурна схема АСК вологозабезпеченістю сільськогосподарських культур у межах модульної ділянки за допомогою крапельного зрошення

Очевидно, що допустима частка недополиву буде тим більша, чим більше значення прогнозованих опадів.

Друга ланка обраховує завдання всмоктуючого тиску (вологості) на поточний день, враховуючи рекомендації першого регулятора, і подає керуючі впливи на виконавчі механізми. При цьому повинна виконуватися нерівність:

$$W > W_{wilting} + \delta_1, \quad (1)$$

де  $W$  – вологість ґрунту,  
 $W_{wilting}$  – вологість зав'ядання рослин,  
 $\delta_1$  – гістерезис (певний резерв).

Тобто, вологість ґрунту повинна триматися в межах:

$$W \in [W_{wilting} + \delta_1; W_z]. \quad (2)$$

Допустима частка недополиву при цьому становить:

$$\delta \in [0; W_z - (W_{wilting} + \delta_1)]. \quad (3)$$

Оскільки величина заданої вологості  $W_z$  залежить від виду рослини і фази її розвитку, тобто змінюється в часі, то зручніше спочатку визначати величину недополиву у відсотках ( $x, \%$ ), а потім переводити в абсолютні одиниці за такою залежністю (4):

$$\delta = \frac{x \cdot (W_z - W_{wilting} - \delta_1)}{100}, \text{ мм.} \quad (4)$$

Вираз (4) є однаковим для всіх видів рослин і фаз їх розвитку. Змінюватиметься лише значення  $W_z$ .

**Метою статті** є розробка методу керування вологістю ґрунту за допомогою крапельного зрошення на основі нечіткої логіки.

### Основна частина

Для визначення частки недополиву  $x, \%$  пропонується використовувати алгоритми нечіткої логіки [6-12].

В якості вхідної змінної використовуються дані метеопрогнозу по опадах на наступний день. Вихідною змінною є допустима частка недополиву рослин на поточний день.

У якості терм-множини вхідної лінгвістичної змінної будемо використовувати нижче наведену множину

$$T_1 = \{\text{“дуже мала кількість опадів”, “невеликі опади”, “помірні”, “сильні”, “дуже сильні”}\}, \quad (5)$$

або у символічному вигляді

$$T_1 = \{NB, NS, Z, PS, PB\} \quad (6)$$

з функціями належності, зображеними на рис. 2.

У якості терм-множини вихідної лінгвістичної змінної (величина недополиву у %) будемо використовувати множину

$$T_2 = \{\text{“дуже мала”, “невелика”, “середня”, “велика”, “дуже велика”}\}, \quad (7)$$

або у символічному вигляді

$$T_2 = \{NB, NS, Z, PS, PB\} \quad (8)$$

з функціями належності, зображення котрих наведено на рис. 3.

База нечітких лінгвістичних правил для визначення допустимої частки недополиву рослин наведено у табл. 1.

З даної таблиці бачимо, що чим сильніші прогнозуються опади, тим на більшу величину  $\delta$  можна недополити рослини.

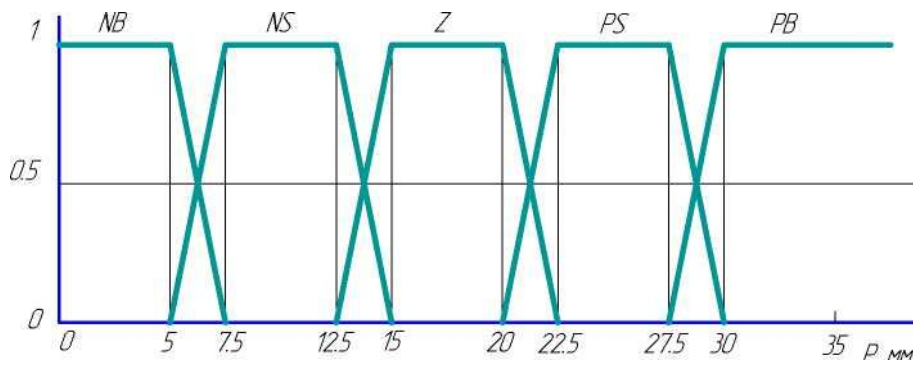


Рис. 2. Функції належності змінної «прогнозована кількість опадів»

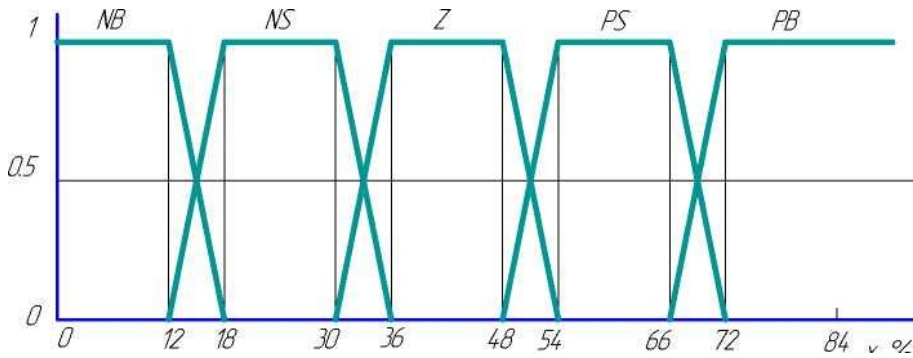


Рис. 3. Функції належності змінної «частка недополиву»

Таблиця 1 - База нечітких лінгвістичних правил для визначення частки недополиву рослин при крапельному зрошенні

Прогнозована кількість опадів Р, мм	Частка недополиву рослин x, %
NB	NB
NS	NS
Z	Z
PS	PS
PB	PB

Крім опадів, на об'єкт керування (ділянку ґрунту) впливають наступні збурення: сонячна радіація, вітер, температура повітря, відносна вологість повітря.

Впливаючи на випаровування з поверхні рослин та ґрунту, приведені збурення впливають на водоспоживання, а, отже, і на результуючу вологість ґрунту. Дані параметри не входять безпосередньо у базу нечітких лінгвістичних правил, але враховуються системою керування. Так, наприклад, ми недополили рослини у день  $k$  на величину  $PS$ , розраховуючи на сильні опади у день  $(k+1)$ . Насправді величина опадів потрапила у діапазон  $Z$ , був помірний вітер і висока температура повітря. В результаті

$$W_{k+1} \neq W_{z, k+1}.$$

Враховуючи прогноз по опадах на день  $(k+2)$ , буде здійснено полив, який компенсує

збурення по температурі, сонячній радіації, нестачі опадів та інші збурення у день  $(k+1)$ .

Для синтезу системи нечіткого виведення використано редактор Fuzzy Logic Toolbox системи Matlab [13, 14]. Розрахунок завдання для АСК вологістю ґрунту при крапельному зрошенні здійснюється щодобово.

При появі дощу полив необхідно зупинити, а після його закінчення знову здійснити перерахунок завдання. Полив потрібно здійснювати водою певної температури, тому у структурі системи зрошення передбачена накопичувальна ємність, де вода буде нагріватися під дією сонячної радіації. З метою мінімізації експлуатаційних витрат ємність наповнюється водою у періоди доби, коли електроенергія найдешевша.

### Висновки

Запропонована АСК вологозабезпеченістю сільськогосподарських культур при крапельному

зрошенні дозволяє підвищити точність керування вологістю завдяки оперативному врахуванню змінних збурень на об'єкт і забезпечити отримання планової врожайності при раціональному використанні енергетичних і водних ресурсів.

Напрямок подальших досліджень слід вважати розробку концепції застосування інтелектуальних методів підтримки прийняття рішень в умовах багатокритеріальності в задачах оптимального керування вологозабезпеченістю сільськогосподарських культур.

Це дозволить економити водні та енергетичні ресурси з одночасним забезпеченням отримання планового врожаю.

Це дозволить економити водні та енергетичні ресурси з одночасним забезпеченням отримання планового врожаю.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Леві Л.І. Моделювання залежностей «багатовимірний вхід – вихід» для автоматизації процесів керування в умовах невизначеності. Вісник ПДАА. 2015. № 4. С. 86 – 90.
2. Леві Л.І. Використання нечіткої логіки для автоматизації функціонування зрошувальних систем. Вісник ПДАА. 2018. № 2. С. 153 – 157. DOI 10.31210/visnyk2018.02.25
3. Леві Л.І. Синтез автоматизованої системи керування вологозабезпеченістю сільськогосподарських культур при підґрунтового зволоженні. Вісник ПДАА. 2019. № 1. С. 227–231. DOI 10.31210/visnyk2019.01.27
4. Юревич Е.И. Теория автоматического управления. / Е.И. Юревич – 3-е изд. – СПб.: БХВ-Петербург, 2007. – 560 с.
5. Гребеннік І.В. Методи прийняття рішень / О.Г. Наконечний, І.В. Гребеннік, Т.Є. Романова, А.Д. Тевяшев. - Харків: ХНУРЕ, 2016. - 132 с.
6. Борисов В.В. Нечёткие модели и сети / В.В. Борисов, В.В. Крутлов, А.С. Федулов. – Москва: Горячая линия – Телеком, 2007. – 284 с.
7. Рутковская Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечёткие системы / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский: Пер. с польского И.Д. Рудинского. – Москва: Горячая линия – Телеком, 2007. – 452 с.
8. Кучук Г.А. Метод дослідження фрактального мережного трафіка / ГА Кучук // Системи обробки інформації. – Х.: ХУ ПС, 2005. – Вип. 5 (45). – С. 74-84.
9. Кучук Г.А. Метод мінімізації середньої затримки пакетів у віртуальних з'єднаннях мережі підтримки хмарного сервісу / Г.А. Кучук, А.А. Коваленко, Н.В. Лукова-Чуйко // Системи управління, навігації та зв'язку. – Полтава . ПНТУ, 2017. – Вип. 2(42). – С. 117-120.
10. Kuchuk G., Kovalenko A., Komari I.E., Svyrydov A., Kharchenko V. (2019), “Improving Big Data Centers Energy Efficiency: Traffic Based Model and Method”, In: Kharchenko V., Kondratenko Y., Kasprzyk J. (eds) Green IT Engineering: Social, Business and Industrial Applications. Studies in Systems, Decision and Control, vol 171. Springer, Cham, DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-00253-4\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-030-00253-4_8)
11. Kuchuk, N., Mozhaiev, O., Mozhaiev, M., Kuchuk, H. (2017), “Method for calculating of R-learning traffic peakedness”, 2017 4th International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications Science and Technology, PIC S and T 2017 – Proceedings, pp. 359-362, DOI: <https://doi.org/10.1109/INFOCOMMST.2017.8246416>
12. Усков А.А. Интеллектуальные технологии управления. Искусственные нейронные сети и нечёткая логика / А.А. Усков, А.В. Кузьмин – Москва: Горячая линия – Телеком, 2004. – 143 с.
13. Згуровский М.З. Основы вычислительного интеллекта / М.З. Згуровский, Ю.П. Зайченко. — К.: Наук. думка, 2013. — 406 с.
14. Леоненков А. Нечеткое моделирование в среде Matlab и fuzzyTech / А. Леоненков. - Санкт Петербург: БХВ-Петербург, 2005. - 719 с.

Received (Надійшла) 24.03.2020

Accepted for publication (Прийнята до друку) 19.05.2020

### Water supply management of agricultural cultures with dropping hydrogen

L. Lievi

**Abstract.** Drip irrigation systems are widely used to grow a variety of crops both in greenhouses and in open areas of varying sizes, from small private garden areas to farms. The peculiarity of this type of irrigation is that water is slowly supplied with drops or jets at a given time and in a given amount directly to the roots of each plant. In this case, water consumption is reduced by 20-50% compared to surface irrigation and sprinkling, redundant irrigation is prevented and, as a result, raising the groundwater level and salinization of the soil, the top of the soil is not compacted, and the level of weed growth is reduced. Irrigation should take into account the influence of randomly varying weather factors and adjust the irrigation rate daily. Structural diagram of the automated control system (ACS) of the moisture supply of the modular section by means of drip irrigation is a combined control system with a controller, which consists of two series-connected units. The first link determines the permissible percentage of under-consumed plants as a percentage, based on the next day's weather data. Obviously, the more permissible the share of imperfections will be, the greater the value of predicted precipitation. The second link calculates the intake pressure (humidity) task for the current day, taking into account the recommendations of the first regulator, and provides control effects on the actuators. The purpose of the article is to develop a method for controlling soil moisture by drip irrigation based on fuzzy logic. Fuzzy logic algorithms were used to determine the fraction of imperfectly. Weather input data for next day precipitation are used as input variable. The baseline variable is the permissible proportion of underexposed plants for the current day. The proposed ACS of moisture of crops at drip irrigation allows to increase the accuracy of humidity management by promptly taking into account variable perturbations on the object and to ensure the planned yield with rational use of energy and water resources. The direction of further research should be considered the development of the concept of application of intelligent decision support methods in multicriteria conditions in the problems of optimal management of moisture content of crops. This will save water and energy resources while ensuring planned yields.

**Keywords:** drip irrigation systems, automated moisture management system, fuzzy logic algorithms, term sets, linguistic variables, fuzzy linguistic rules base.