УДК 631.153.3

АНАЛІЗ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІЙ ДІЯЛЬНОСТІ

Бідніченко О.Г.к.т.н., доц.[1]; Грушина О.Г.[2]
[1,2] Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
[1,2] Україна, Миколаїв
[1] https://orcid.org/0000-0002-0548-3481; [2] olga.grushyna@nuos.edu.ua

Анотація. *В роботі проведено аналіз особливостей структури та принципів функціонування деяких сучасних автоматизованих систем прийняття рішень у сільськогосподарській діяльності, визначено переваги та недоліки систем. Проведено дослідження та подано результати роботи програми AquaCrop на прикладі моделювання періоду вегетації та розрахунку врожайності картоплі. Виконано розрахунки кількості випаруваної вологи, кількості бур'янів, засоленості ґрунту тощо, що дало змогу змоделювати індекс та можливу кількість урожаю.*

Ключові слова: *система підтримки прийняття рішення; програмний модуль; зрошення; норма поливу; урожайність.*

Вступна частина. У зв'язку з глобальним потеплінням, яке призвело до зміни кліматичних умов на півдні України, вирощування сільськогосподарських культур без зрошення стало практично неможливим [1]. Тому в Україні прийнято Стратегію зрошення та дренажу на період до 2030 року [2], в якій визначено напрями державної політики щодо зрошення та дренажу, спрямовані на підвищення потенціалу зрошення, модернізацію існуючих та впровадження нових зрошувальних систем. Такий підхід дозволить підвищити родючість ґрунтів України та підвищити врожайність культур в 2-3 рази порівняно з богарними умовами.

Метою роботи є аналіз особливостей структури та принципів функціонування існуючих сучасних систем автоматизованого прийняття рішень, які дозволяють отримати оптимальні параметри для визначення технології вирощування сільськогосподарських культур.

Основна частина. Розглянемо деякі сучасні автоматизовані системи підтримки прийняття рішень. *CROPWAT* – це інструмент підтримки прийняття рішень, розроблений Відділом земельних та водних ресурсів Food and Agriculture Organization of the United Nations (ФАО). Це програмне забезпечення, для розрахунку потреб сільськогосподарських культур у воді та зрошенні на основі даних про ґрунти, клімат та стан і різновид сільськогосподарських культур. *CROPWAT* – це практичний інструмент, створений для агро-метеорологів, агрономів і інженерів систем зрошення, який дозволяє виконувати стандартні обчислення для евапотранспірації й вивчення використання поливних систем, а також для створення зрошувальних схем і управління ними [3]. Перевагами системи є розробка графіків поливу для різних умов агротехніки та розрахунок потреби у воді та подачі води на зрошення для різних систем обробіток культур. Систему *CROPWAT* використовують для оцінки методів зрошення, що застосовуються фермерами, та для оцінки врожайності сільськогосподарських культур як в умовах богарного, так і зрошувального землеробства. Перевага програми у тому, що вона містить стандартні дані про культури та стан ґрунту, які можна використати в якості першого наближення при відсутності повної інформації про точні дані. При уточненні відповідних даних файли можна легко змінити або створити нові. На рис.1 показано графік, що відображає розподіл параметрів повітря – сонячні години, мінімальну та максимальну температуру, вологість, радіацію та еталонну евапотранспірацію протягом року, що використовуються при

розрахунках норм зрошення. При складанні графіків зрошення в алгоритм програми вводяться дані про добовий баланс ґрунтової вологи для різних параметрів водозабезпечення та умови управління зрошенням. Водозабезпеченість схеми розраховується відповідно до заданої користувачем системи обробітку.

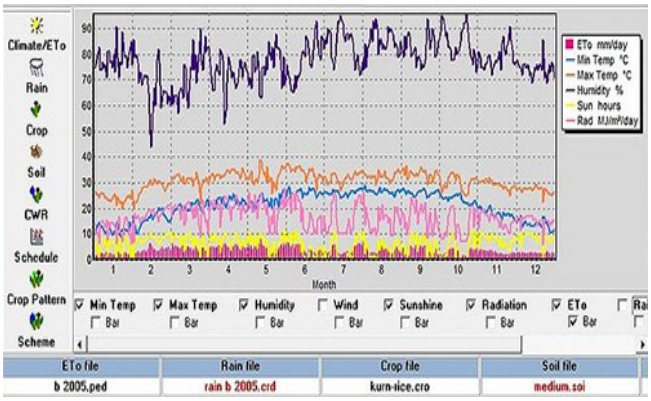

Рис.1. Графік розподілу параметрів повітря протягом року.

Отже, програма *CROPWAT* – це корисний інструмент для фермерів та фахівців з рослинництва та ґрунтознавства, який надає детальні дані про необхідну кількість води у заданих кліматичних умовах для певних культур з метою отримання максимальної урожайності.

The Agricultural Production Systems Simulator – APSIM - провідне програмне середовище для моделювання та стимуляції комплексних сільськогосподарських систем [4]. Його використовують кваліфіковані агрономи та дослідники для стратегічного планування та вивчення різних сільськогосподарських сценаріїв. Платформа *APSIM* складається із численних різноманітних модулів для моделювання широкого спектру взаємодії рослин, тварин, ґрунтів та клімату. Модулі містять в собі різноманітний спектр сільськогосподарських культур, пасовищ та дерев. Аналізуються ґрунтові процеси, які включають водний баланс, *pH* і ерозію ґрунту, перетворення азоту *N* та фосфору *P* тощо. Процес автоматизованого управління дає змогу проаналізувати такі фактори, як врожайність культур, родючість ґрунту, вплив клімату на продуктивність та сталий розвиток. Підтримка роботи та розвитку платформи *APSIM* здійснюється за науковими стандартами та стандартами програмного забезпечення.

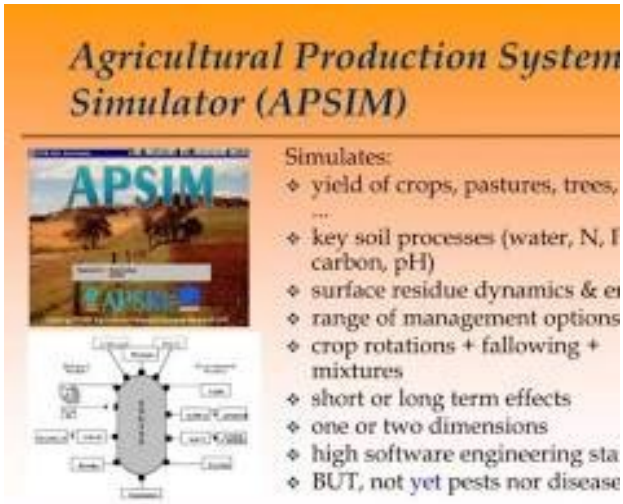

Рис.2. Функції системи *APSIM*

Розроблене програмне забезпечення дозволяє оцінити економічні та екологічні результати різних стратегій управління. Модулі програми містять підтримку прийняття рішень на фермі, оцінку сезонного прогнозування клімату, розробку головних принципів керування відходами тощо, а також використовуються як керівництво у дослідницькій та освітній діяльності.

Іншим апаратно-програмним інструментом є система «Полив онлайн». Вона спроектована для реалізації інноваційних технологій професійного зрошення та впровадження автоматичної системи поливу від початку проекту до кінцевого збору урожаю. Метою впровадження системи є забезпечення високої врожайності сільськогосподарських культур при оптимальній нормі зрошення та агрономічно і екологічно обґрунтованому внесенні добрив. Перевагами системи [5] є точність прогнозування і керування станом вологозабезпеченості ґрунту, економія поливної води та електроенергії, оптимізація використання поливної техніки та потужностей насосних станцій, можливість віддаленого управління, автоматизація поливних робіт та підвищення урожайності культур на 10%.

Система «Полив онлайн» є автоматизованою системою, що управляється дистанційно та складається з двох частин: програмної частини, яка містить бази даних, підсистеми моделювання і користувацького інтерфейсу (рис. 3), та апаратної частини, яка розташована у полі та зв'язана з метеостанцією. Система управляється за допомогою контролера, який програмує графік полива та запускає полив у визначений час; дощувачі, спринклері або краплинні шлангі забезпечують подачу води; під час опадів система відключається.

Ще одна сучасна система підтримки прийняття рішень *AquaCrop* [6], яка використовується в багатьох країнах як інструмент для прийняття управлінських рішень з метою підвищення продуктивності використання водних ресурсів у господарствах як при зрошуваному, так і при богарному землеробстві. Програма оцінює вплив умов навколишнього середовища та управління на продуктивність культур, що дає змогу розробити рекомендації щодо доцільності та методів вирощування відповідних культур. *AquaCrop* прогнозує врожайність трав'янистих рослин у залежності від водоспоживання, що особливо актуально в умовах, коли дефіцит вологи є головним чинником, який лімітує продуктивність культур. Перевагою моделі є використання відносно невеликої кількості параметрів та початкових даних, які легко визначаються користувачем, що гарантує широке коло її використання. Але в програму закладено алгоритм точкового моделювання, тобто вона призначена для прогнозування урожайності в межах одного поля, яке є однорідним.



Рис. 3. Структура системи полив онлайн

З метою аналізу можливості вирощування картоплі, яка не є традиційною для Півдня України, було проведено дослідження із застосуванням програми *AquaCrop*.. Розглянуто роботу програми *AquaCrop* на прикладі моделювання періоду вегетації та розрахунку врожайності картоплі. В роботі [7] надані теоретичні основи моделювання кінцевого урожаю, які закладено в алгоритм роботи програми. Проводячи розрахунки за цією програмою отримано значення достатньої кількості показників, які дозволили зробити рекомендації щодо оптимального шляху вирощування картоплі відповідно до початкових даних, що робить процес вирощування автоматизованим та екологічним. Під час застосування цієї програми на практиці було прораховано такі величини, як кількість випаруваної вологи, можлива кількість бур'янів, засоленість ґрунту тощо, а також спрогнозовано можливу кількість отримання врожаю. Саме ці параметри є вкрай необхідні фермерам для визначення технології вирощуванні сільськогосподарських культур, зокрема картоплі.

Отримані результати розрахунків наведені у вигляді графіків-діаграм, що зображені на рис. 4– рис. 9.

Таким чином, проведені в *AquaCrop* розрахунки дають змогу визначити оптимальну схему виробничого циклу вирощування заданої культури для кожного району відповідно до його початкових даних. При обґрунтованому науковому підході це стає реальним та екологічно вигідним сільськогосподарським виробництвом.

Висновки. **1**. Проаналізовані вище системи підтримки прийняття рішень розроблені для можливості впроваджувати інноваційні наукові підходи до вирощування сільськогосподар-

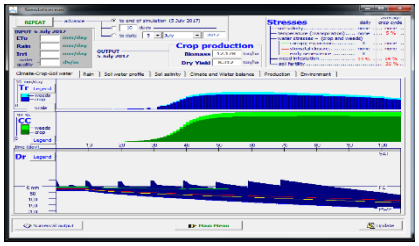

Рис.4. Кількість паростків бур'янів

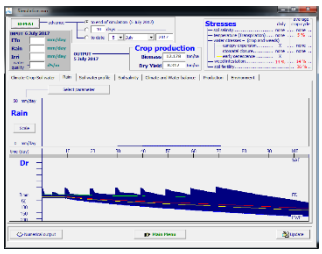

Рис.5. Кількість опадів (*Rain*)

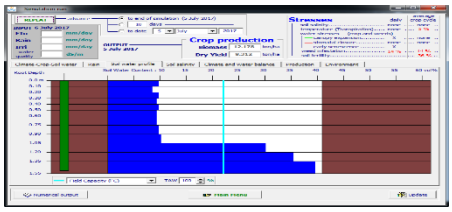

Рис.6. Відсоток вологості ґрунту(*Soil water Content*)

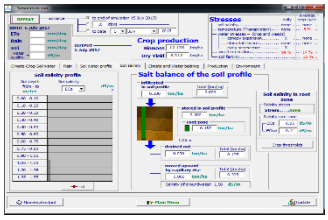

Рис.7. Рівень засолення ґрунту

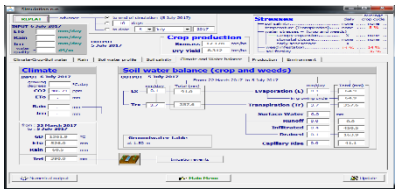

Рис.8. Відсоток евапорації, транспірації і водного балансу

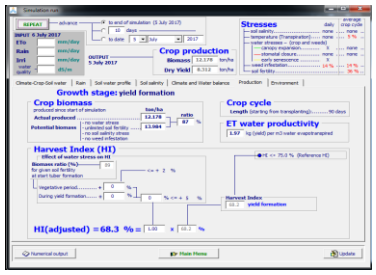

Рис.9. Змодельований індекс урожаю і кількість можливого врожаю

ських культур та організації вирощування на сучасному технологічному рівні. Такі системи є інструментами, мета яких сприяння отриманню найвищих врожаїв. **2**. Застосування програми *AquaCrop* дало можливість авторам оцінити потенційний врожай при різних природно-кліматичних й технологічних умовах з урахуванням потенційних ризиків та на основі моделювання продуктивності надати рекомендації щодо підвищення ефективності вирощування культури та розвитку екологічного землеробства в даному регіоні.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] *The Climate Change Performance Index Results 2016*. https://necu.org.ua/climate.

[2] Кабінет Міністрів України. (2019).*Стратегія зрошення та дренажу в Україні на період до 2030 року*. Розпорядження від 14.08.2019р. №688-р.

[3] Food and Agriculture Organization of the United Nations. (n.d.). *CropWat*. https://www.fao.org/land-water/databases-and-software/cropwat/en/

[4] APSIM Initiative. (n.d.). *The APSIM model - An overview*. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/263238329_The_APSIM_Model_-_An_Overview

[5] Інститут водних проблем і меліорації НААН. (n.d.). *Інформаційно-аналітична система управління зрошенням «Полив онлайн»*. https://igim.org.ua/комерційні послуги/

[6] Steduto, P., Hsiao, T.C., Fereres, E. (2009). AquaCrop – the FAO crop model to simulate yield response to water: I. Concepts and underlying principles. Agron. J. 101, 426-437.

[7] Трохименко, Г.Г., Грушина, О.Г., Маринець, О.М., Гіржева, О.Л. (2021). Інноваційні технології у розвитку екологічного землеробства на Півдні України. *Збірник наукових праць НУК, 1*(*484*), 117 – 124.

Bidnichenko O.G., Grushuna O.G.

Analysis of automated decision support systems in agricultural activities

Abstract. *The paper analyzes the structural features and principles of operation of modern automated decision-making systems in agricultural activities. The advantages and disadvantages of the CROPWAT, APSIM, and Online Irrigation systems are noted. The work of the AquaCrop program is considered on the example of modeling the growing season and calculating potato yield. Calculations of such quantities as the amount of evaporated moisture, the possible number of weeds, soil salinity, etc. were carried out, which made it possible to model the harvest index and the possible harvest.*

Keywords*: decision support system; software module; irrigation; irrigation rate; yield.*