

## АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ОПТИМАЛЬНОГО ПІДБОРУ ДОБРИВ БАЛАНСОВИМ МЕТОДОМ В ОН-ЛАЙН РЕЖИМІ

Ромащенко М.І., Матяш Т.В., Богаєнко В.В., Ковальчук В.П., Сорока Н.В.

Інститут водних проблем і меліорації НААН  
(03022,Київ, вул. Васильківська, 37, тел.: (044) 257-40-30,  
e-mail: iwpm.naan@gmail.com)

В сучасних умовах широкого застосування комп'ютерно-орієнтованих систем в аграрному виробництві авторами реалізовано метод автоматизованого підбору добрив за балансовим методом в рамках інформаційно-аналітичної системи підтримки прийняття рішень у землеробстві, що розробляється в Інституті водних проблем і меліорації НААН.

Для оптимізації процесу підбору добрив при вирощуванні різних сільськогосподарських культур та виконанні технологічних операцій з внесення добрив, за допомогою системи отримуються варіанти рішень щодо їх кількості та оптимального набору. Система обирає добрива з присутніх на ринку таким чином, щоб забезпечувати необхідну кількість діючих речовин і оптимізує їх за ціною, надаючи як рекомендацію найдешевший набір добрив. Рішення можливо отримати як для поточного внесення, так і розрахувати потребу в добривах на весь період вегетації. При цьому, варіанти та база даних добрив зберігається на сервері, а розрахунки проводиться на комп'ютері користувача.

На початковому етапі для підбору добрив проводиться вибір ділянки чи поля та аналізуються його агрохімічні властивості. Цей процес може здійснюватися в он-лайн режимі шляхом отримання інформації з присутніх в системі ГІС-шарів – карти ґрунтів України щодо типу ґрунту та осереднених агрохімічних показників за даними ґрунтових обстежень. В разі наявності фактичних даних аналізу ґрунтових профілів – інформація вноситься безпосередньо в діалогове вікно. Винесення поживних речовин з ґрунту рослинами визначається відповідно до їх типу, прогнозованої урожайності, попередників, а також наявності внесених органічних добрив.

Програма реалізована у вигляді веб-додатку на мовах HTML5 та JavaScript у вигляді модуля ширшої системи підтримки прийняття рішень у землеробстві. Формалізована постановка задачі записується у вигляді наступної нелінійної задачі опуклої оптимізації.

Нехай інформація стосовно наявних добрив зберігаються у базі даних у формі  $(M_i, S_{1i}, S_{2i}, S_{3i}, C_i), i=1, \dots, N$ , де  $M_i$  – назва добрива,  $S_{1i}, S_{2i}, S_{3i}$  - концентрації азоту, фосфору та калію, відповідно,  $C_i$  – ціна. Позначивши розраховані за балансовим методом цільові значення кількості речовин як  $S_{1g}, S_{2g}, S_{3g}$ , задачу оптимізації запишемо наступним чином:

мінімізувати по  $x$   $f(x) = \sum_{i=1}^N (C_i x_i)$  за умов:

$$g(x) = \sum_{j=1}^3 (\bar{S}_j(x) - S_{jg})^2 < \varepsilon_1 \sum_{j=1}^3 S_{jg}, \quad \bar{S}_j(x) = \sum_{i=1}^N (S_{ji} x_i), \\ x_i \geq \varepsilon_2, \quad i = 1, \dots, N,$$

де  $\varepsilon_1, \varepsilon_2$  – задані константи, що визначають точність розрахунків.

Задачу оптимізації пропонується чисельно розв'язувати градієнтним методом на кожному кроці якого проводиться проектування наближеного розв'язку на множину умов. Випукла постановка задачі дозволяє використовувати для цього апарат псевдообернення, отримуючи середньоквадратичні оцінки точності на всіх етапах процедури.

Цей метод можна використовувати при плануванні урожаю на сезон або розрахунку кількості чергового внесення добрив, визначення прогнозної урожайності при відновленні систем зрошення на великих територіях, а також он-лайн консультаціях всіх зацікавлених сторін.