

## **ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕЛЕЙ ОПТИМІЗАЦІЙНИХ ЗАДАЧ КЕРУВАННЯ ПАСІКОЮ ТА ДОГЛЯДУ ЗА НЕЮ**

Шаповал А. А.

Науковий керівник – к.т.н., доцент Мазурова О. О.  
Харківський національний університет радіоелектроніки  
(61166, Харків, просп. Науки, 14, каф. Програмної інженерії,  
тел. (057) 702-14-46)

The aim of the work is to help beekeepers manage with bees-keeping and beehive equipping. The work is devoted to the development of mathematical models of optimizing tasks which improve the process of accomplishing business-tasks connected with the process of beehive administrating. The developed mathematical model of optimal beehive transference to winter-abode or fields is developed and described. The above-mentioned mathematical models and methods of their accomplishing are realized in the complex of the program control system for beehives, named «Beekeeper». The system will optimize beehives transportation and control disease prevention process.

Бджільництво є однією з досить прибуткових сфер фермерства, проте досягнення високої результативності та прибутковості передбачає певні капіталовкладення та організацію технологічного правильно організованого догляду. Для продуктивної роботи бджіл потрібно кожен пору року проводити ряд трудомістких робіт, а саме підтримувати необхідний рівень температури та кисню у вулику, слідкувати за роїнням бджіл та за температурою ззовні, своєчасно транспортувати вулики в зимівники тощо. Окрім цього, ця сфера фермерства не убезпечена від такої проблеми як щорічний збиток, пов'язаний із захворюванням та подальшим мором бджіл. Більшість хвороб виникають через їх несвоєчасне діагностування та лікування.

Отже, актуальною є задача розробки оптимізаційних моделей для розподілу матеріальних і нематеріальних ресурсів на пасіці, оптимізація витрат при переміщенні бджолосімей в зимівники або на поля, планування профілактичних заходів навесні для запобігання захворюваності бджіл, а також розробка алгоритмів вирішення таких оптимізаційних задач та розробка програмної системи керування пасікою.

Для вирішення поставлених задач доцільним є використання задач математичного програмування, мета яких полягає в знаходженні найкращого з точки зору визначених критеріїв варіанту використання наявних ресурсів. Для оптимізації роботи пасіки достатньо використання задач лінійного програмування, що дозволяють моделювати розподіл ресурсів на пасіці, планування профілактичних заходів тощо. Наприклад, задачу оптимального переміщення бджолосімей у зимівник можна вирішити за допомогою класу транспортних задач.

Отже, однією з розроблених моделей є модель оптимізаційної задачі переміщення бджіл у зимівники, що мінімізує витрати на переміщення:

$$F = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min,$$

де  $x_{ij}$  – кількість вуликів, що необхідно перевезти з  $i$ -го поля до  $j$ -зимовника;

$c_{ij}$  – вартість перевезення одного вулика з  $i$ -поля до  $j$ -зимовника;

При цьому повинні виконуватися наступні обмеження:

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = B_j \text{ для } \forall j = \overline{1, n},$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = A_i \text{ для } \forall i = \overline{1, m},$$

$$x_{ij} \geq 0 \text{ для } \forall i = \overline{1, m}, \forall j = \overline{1, n},$$

де  $A_i (i = \overline{1, m})$  – кількість вуликів на  $i$ -му полі, які треба перевезти;

$B_j (j = \overline{1, n})$  – місткість  $j$ -го зимовника, в який треба перевезти вулики.

Дана математична модель вважається збалансованою, оскільки всі вулики повинні бути вивезені і доставлені в обране місце:  $\sum_i A_i = \sum_j B_j$ . Модель також була розширена обмеженнями у часі, що є суттєвим фактором оптимізації процесу керування пасікою. Для вирішення даної та інших побудованих моделей було обрано симплекс-метод, який дозволяє знайти оптимальне рішення.

В результаті роботи створено автоматизовану систему підтримки контролю за станом пасіки «Beekeeper», яка дозволяє проводити облік інформації стосовно вуликів, бджолиних сімей, погодних умов та робітників ферми; вимірювати температуру, рівень кисню, вологість, кількість бджіл у вуликах; забезпечити передбачення неконтрольованого роїння бджіл та оптимізувати переміщення вуликів до зимівників або на поля; використовувати ці дані для аналізу процесів роїння, планувати профілактичні заходи для попередження захворюваності бджіл та інше.

Розроблена система складається з наступних частин: сайт для контролю основних виробничих процесів на фермі; мобільний додаток для робітників, за допомогою якого вони можуть вимірювати температуру у вуликах і навколишньому середовищі; пристрій, який містить у собі датчики вологості, температури, кисню та обліку кількості бджіл.

#### Список використаних джерел:

1. Профилактика и лечение основных заболеваний пчел. URL: [https://agro.tatarstan.ru/rus/file/pub/pub\\_323328.pdf](https://agro.tatarstan.ru/rus/file/pub/pub_323328.pdf) ;
2. Оптимизационные задачи. URL <https://intuit.ru/studies/courses/3681/923/lecture/22879?page=1>;
3. Оптимизационные модели. URL: <http://ea.donntu.org:8080/jspui/bitstream/123456789/31374/30/29.pdf> .