



СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ

УДК 519.8

В.П. ГОРБУЛІН

НАН України, Київ, Україна, e-mail: horbulin@nas.gov.ua.

Л.Ф. ГУЛЯНИЦЬКИЙ

Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України, Київ, Україна,
e-mail: leonhul.icyb@gmail.com.

І.В. СЕРГІЄНКО

Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України, Київ, Україна,
e-mail: incyb@incyb.kiev.ua.

ПЛАНУВАННЯ ЛОГІСТИЧНИХ МІСІЙ ГІБРИДНОЇ СИСТЕМИ «БПЛА+ТРАНСПОРТ»

Анотація. Розглянуто проблему планування місій гібридних транспортних систем — автомобіля чи іншого транспортного засобу, що може переміщуватися від початкового місця базування до інших заданих місць (баз) на заданому маршруті, маючи на борту один безпілотний літальний апарат (БПЛА). Запропоновано змістовну постановку та математичні моделі оптимізаційних проблем розподілу об'єктів по базах, вибору баз та формування маршрутів БПЛА під час обстеження чи обслуговування заданої множини об'єктів за наявності обмежень на польотний ресурс. Розроблено та реалізовано алгоритм розв'язування сформульованих задач комбінаторної оптимізації, який базується на оптимізації мурашиними колоніями. Наведено результати обчислювального експерименту.

Ключові слова: планування логістичних місій, динамічні бази, оптимізація маршрутів, транспортний засіб, БПЛА, оптимізація мурашиними колоніями.

ВСТУП

Стрімке розширення сфери застосувань безпілотних літальних апаратів (БПЛА) спричинило появу багатьох нових прикладних оптимізаційних проблем і зумовило потребу у розробленні нових математичних моделей і методів та базованих на них інформаційних технологій. Нині БПЛА застосовують під час моніторингу і спостережень, організації пошуково-рятувальних операцій, для збору даних, на виробництві, у сільському господарстві, логістиці тощо [1, 2]. До того ж, БПЛА стали невід'ємною частиною перспективного озброєння сучасних армій, їх активно використовують у розвідці, патрулюванні, для корегування вогню і ліквідації ворожих цілей [3, 4].

Можна виокремити три основні способи використання БПЛА в логістиці:

- доставлення здійснює лише БПЛА;
- для доставлення задіюють як транспортний засіб, так і один чи декілька БПЛА;
- транспортний засіб лише обслуговує БПЛА.

Близькими до розглянутої тематики є задачі маршрутизації транспортних засобів (Vehicle Routing Problem, VRP), актуальність яких зумовила появу останнім часом безлічі досліджень [5].

Однією із основних відмінностей задач маршрутизації з використанням БПЛА, які називаються Vehicle Routing Problem with Drones (VRPD) [6, 7], порівняно з класичними VRP є суттєве обмеження на польотний ресурс, а у разі доставлення — і на вантажопідйомність. Водночас наявні певні аналогії із VRP з декількома пунктами базування (депо) — стаціонарними чи динамічними [8–12].

© В.П. Горбулін, Л.Ф. Гуляницький, І.В. Сергієнко, 2023