

УДК 004.9

К.т.н., доцент Зорін Ю.М., студент Кучук О.М.

**Національний технічний університету України
«Київський політехнічний інститут»**

ГЕНЕТИЧНИЙ АЛГОРИТМ СТВОРЕННЯ РОЗКЛАДУ ПОВІТРЯНОГО РУХУ

Abstract

*Yuri Zorin, Assoc. Prof., PhD; Oleksii Kuchuk, student
Genetic Algorithms for Air Traffic Schedule Creation*

Scheduling of departing and approaching aircrafts is one of the major tasks in the air traffic control field. The paper presents a genetic algorithm for formation of an effective schedule for all active runways of the specific airport. Problem is considered as the constraint satisfaction problem. Sets of domains and constraints are proposed.

Вступ

Забезпечення ефективного та безпечного використання повітряного простору аеропортів є однією з основних задач сьогодення в області громадського повітряного транспорту.

Наближений розв'язок цієї задачі можна подати як розклад злітаючих та сідаючих літаків для кожної злітно-посадкової смуги (ЗПС) аеропорту. Задача створення розкладу належить до класу *NP*-повних задач. Один із підходів до розв'язку такого роду задач є використання генетичних алгоритмів (ГА).

Постановка задачі

Метою роботи є розробка генетичного алгоритму складання розкладу зльоту та посадки літаків для всіх ЗПС конкретного аеропорту, у межах заданого проміжку часу із заданим мінімальним інтервалом між літаками.

Використані іншомовні скорочення

CSP (англ. *Constraint Satisfaction Problem*) – задача задоволення обмежень.

SID (англ. *Standart Instrument Departure*) – стандартне відправлення по приладах. Це процедура перших хвилин польоту літака. Визначає маршрут літака від ЗПС, з якої він злетів, до точки виходу з повітряного простору аеропорту, що зазначена у плані польоту цього літака.

CTOT (англ. *Calculated Take-off Time*) – розрахований час зльоту. Мається на увазі інтервал часу від -5 до +10 хв. від визначеного Європейським центром координації польотів [2], у який літак має обов'язково злетіти, щоб дотриматися свого плану польоту.

Кодування геному

При розв'язку задачі, маємо наступні вхідні дані:

- множину літаків, що злітають $D = \{D_1..D_n\}$;
- множину літаків, що сідають $A = \{A_1..A_m\}$;
- множину ЗПС $R = \{R_1..R_k\}$;
- час $t_{\text{початок}}$ початку інтервалу для якого створюється розклад;
- час $t_{\text{кінець}}$ кінцю інтервалу для якого створюється розклад;
- час $t_{\text{інтервал}}$ мінімального інтервалу між літаками.

Кожен літак D_i визначається

- точкою виходу з повітряного простору аеропорту;
- інтервалом часу зльоту *CTOT*.

Кожен літак A_i визначається:

- ЗПС прибуття;
- часом входу на глісаду.

Кожна ЗПС R_i визначається:

- множиною *SID* для кожної точки виходу $S = \{S_1..S_l\}$;
- довжиною глісади у морських милях;
- часом необхідним літаку для звільнення ЗПС.

Логічна структура кодування геному наведена у табл. 1. Кожна клітинка таблиці розглядається як ген. Кожний стовпчик R_i таблиці формує окрему хромосому.

Табл 1. Логічна структура кодування геному

	R_1	R_2	...	R_K
$t_{\text{початок}}$	F_1	F_2	...	F_3
$t_{\text{поч.}} + t_{\text{інтервал}}$	F_4	F_5	...	F_6
$t_{\text{поч.}} + 2t_{\text{інтервал}}$	F_7	F_8	...	F_9
...
$t_{\text{кінець}}$	F_j	F_{j+1}	...	F_{N+M}

де:

F_i – елемент множини $F = A \cup D$ або «вікно»

Визначення обмежень

Для *CSP* задач обмеження розділяють на два типи – жорсткі та м'які. До перших належать такі, що ні за яких обставин не можуть бути порушені. Розв'язок, який не задовольняє хоча б одне з цих обмежень, ні за яких обставин не може бути прийнятим. М'якими є такі обмеження, які можуть бути порушені, але кількість цих порушень має бути мінімальною.

До жорстких обмежень належать наступні:

- у кожен момент часу, всі літаки у повітрі мають знаходитись на безпечній відстані один від одного;
- у кожен момент часу одну ЗПС може займати тільки один літак;
- кожен літак має бути присутній у розкладі тільки один раз;
- кожен літак, що злітає, має вийти з повітряного простору аеропорту в точці, що зазначено у його плані польоту (і пройти відповідну процедуру *SID*);
- кожен літак, що злітає, має злетіти у межах часу, зазначених його планом польоту (у межах 15 хвилин, визначених *STOT*);
- для кожного літака, що сідає, ЗПС має бути звільнена за безпечний час до прогнозованого торкання літаком її поверхні.

М'якими обмеженнями є:

- інтервали між зльотом та посадкою мають бути мінімальними (за норму вважається одна хвилина);
- літак має злетіти у час, що є найближчим до визначеного *STOT*;

- якщо розглядається проміжок часу більше п'ятнадцяти хвилин, через якісь проміжки часу мають бути присутні «вікна» (наприклад з метою виконання повторного заходу на посадку).

Визначення операцій ГА

Критерій пристосованості (фітнес) може бути визначений як сумарна оцінка порушення обмежень. Для *CSP* задач найбільш поширеною оцінкою є система штрафних балів. Кількість балів, що нараховується за порушене обмеження, залежить від важливості його дотримання. Таким чином, та особина, що отримала оцінку фітнесу, яка дорівнює нулю, є розв'язком задачі, який задовольняє всім обмеженням.

Операція відбору може виконуватися по одній із стандартних схем.

У ГА можуть бути застосовані як одноточковий, так і двоточковий кросовери, причому виконуються вони над хромосомами, що кодують ту саму ЗПС.

Мутація відбувається з відносно невеликою ймовірністю (0,01 – 0,05) і виконує обмін позиціями випадково обраної пари генів.

Висновки

У роботі запропоновано ГА створення розкладу літаків. Проблема була сформульована, як задача задоволення обмежень, що визначені виходячи з умови задачі. Запропоновано варіант кодування геному, оцінка фітнесу та способи виконання відбору, кросоверу та мутації.

Подальші дослідження мають розглядати інші проблемні зони повітряного руху, такі, як переміщення літаків по землі від воріт до ЗПС та виконання процедури повного підходу, з метою досягнення оптимальних результатів.

Література

1. *P. van Leeuwen, H.H. Hesselink, J.H.T. Rohling* Scheduling aircraft using constraint satisfaction. – National Aerospace Laboratory NLR. – 2002. – 20 p.
2. *Air Traffic Flow & Capacity Management Operations Users Manual* – Eurocontrol. – 1995. – 30 p.

3. *S. Kazarlis, V. Petridis, P. Fragkou* Solving University Timetabling Problems Using Advanced Genetic Algorithms. – Technological Educational Institute of Serres, Aristotle University of Thessaloniki – 6 p.