

## АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ РЕЛЬЄФУ ЛИЖНИХ ТРАС

© Гера О., 2011

*С целью детального исследования рельефа лыжных трасс был предложен алгоритм и разработана программа Course Calculation. На основе двухмерного изображения местности, импортированного в среду программы, можно проектировать произвольное количество вариантов профилей лыжных трасс. При этом определяются основные параметры рельефа трассы и сравниваются с нормативными значениями.*

*For the specified ski courses relief research the algorithm and then the program 'Course Calculation' were developed. On the basis of the two-dimensional terrain image it is possible to design the arbitrary amount of ski courses profiles variants. The basic parameters of the ski course relief are determined and also compared to the normative values.*

**Постановка задачі.** Лижні бігові траси повинні відповідати багатьом критеріям для того, щоб бути сертифікованими для проведення змагань певного рівня. Іншим важливим завданням, окрім облаштування трас з метою проведення змагань, є вибір місцевості для проведення тренувань перед конкретними змаганнями [1]. Вагомим чинником у досягненні кращих результатів є можливість проведення тренувань спортсмена у максимально наближених до змагальних умовах.

Проектування траси здійснюють на основі картографічного матеріалу місцевості, де в перспективі облаштуватимуть лижні траси. Спочатку задають вісь траси, далі будують поздовжній профіль. Маючи побудований поздовжній профіль траси, визначають основні її кількісні параметри, класифікують за типами підйоми і підраховують їхню кількість. У результаті можна зробити висновок про відповідність запроєктованої траси вимогам конкретних змагань чи підготовки до них. У разі, якщо траса не відповідає вимогам [2, 3], потрібно шукати альтернативні варіанти розміщення траси. Така попередня перевірка, яка виконується в ручному режимі, є доволі трудомістким та часовитратним процесом. Тому автоматизація цього процесу є доцільною.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** З метою детального дослідження рельєфу лижних трас було запропоновано алгоритм (рис. 1) та розроблено програму Course Calculation. На основі двовимірного зображення місцевості, завантаженого в середовище програми, можна проектувати довільну кількість варіантів лижних трас. При цьому основні параметри рельєфу траси не тільки визначаються, але й порівнюються із нормативними значеннями. Користувач може зробити висновок про відповідність чи невідповідність траси і за необхідності зберегти дані про неї.

Процес обробки інформації можна розділити на кілька етапів. Перший етап передбачає підготовку вхідної інформації. Програма потребує завантаження цифрової моделі рельєфу місцевості, на якій передбачається подальше проектування траси. Тому потрібно підготувати регулярну сітку висот, grid-поверхню, для досліджуваної ділянки. Таку операцію можна виконати в середовищі програмного пакета Surfer, маючи набір точок з тривимірними координатами. Регулярна сітка висот, яка є математичною основою для подальших обчислень, завантажується в середовище програми Course Calculation у форматі dat-файла. Для того, щоб прокласти вісь майбутньої траси на місцевості, потрібно бачити зображення відповідної ділянки земної поверхні. Можна виділити кілька способів отримання зображення: растр, аерофотознімок чи рисунок. У програмі передбачено завантаження файла у форматі \*.jpg. Отже, для початку роботи потрібно вибрати карту (цифрову модель рельєфу), де буде спроектована лижна траса. Можна вибрати існуючу карту з каталогу (рис. 2), який відображається при вході в програму. Якщо місцевість раніше не досліджувалася, необхідно створити нову карту. Для цього

потрібно завантажити попередньо підготовлену регулярну сітку висот та зображення ділянки, яке строго відповідає сітці висот. Створена карта автоматично зберігається в каталозі і буде доступна в наступному сеансі роботи з програмою.

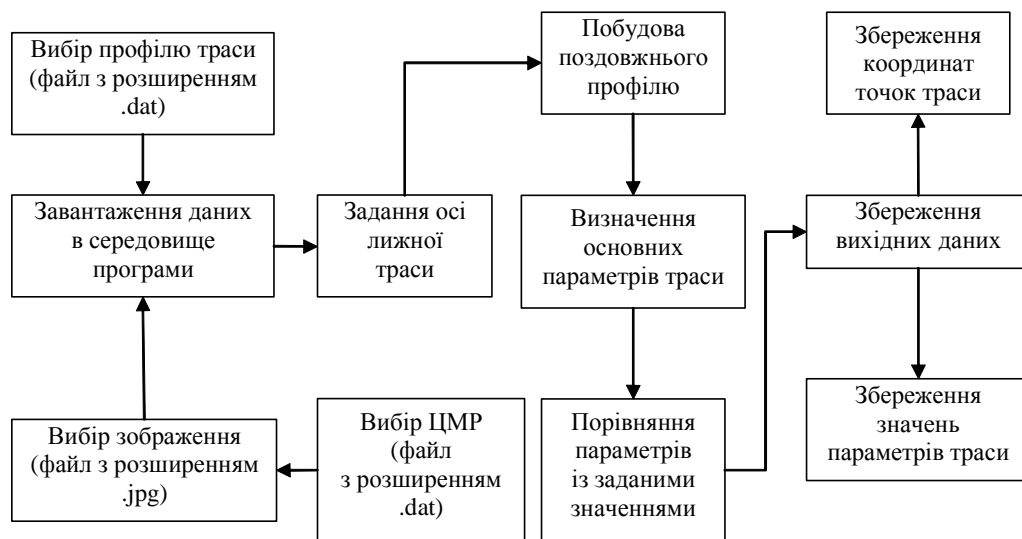


Рис. 1. Алгоритм програми визначення параметрів рельєфу траси

На наступному етапі роботи вибрана карта відкривається у новому вікні (рис. 3). За допомогою маніпулятора "миші" потрібно задати вісь майбутньої лижної траси. Якщо допущено механічну помилку, то позначену криву можна витерти, використовуючи функціональну кнопку "Відмінити вибрані точки" внизу сторінки.

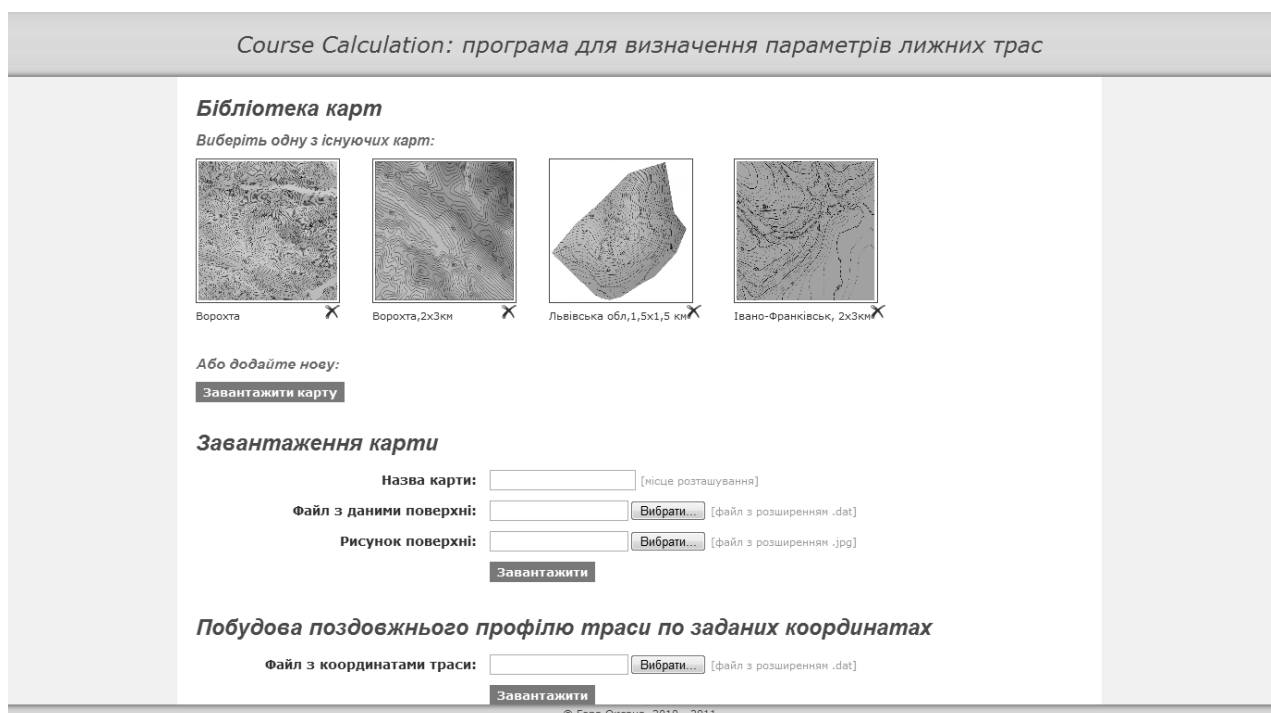


Рис. 2. Вибір карти місцевості

Після того, як бажана конфігурація траси задана, потрібно натиснути кнопку "Побудувати поздовжній профіль траси". Якщо подальший аналіз покаже, що параметри запроєктованої траси не відповідають вимогам інструкцій, то на цій самій карті можна задати іншу траєкторію траси, враховуючи недоліки попередньої. Альтернативні варіанти можна будувати після використання

кнопки “Задати новий варіант траси”. При цьому на карті різними кольорами будуть відображені всі побудовані варіанти лижної траси.

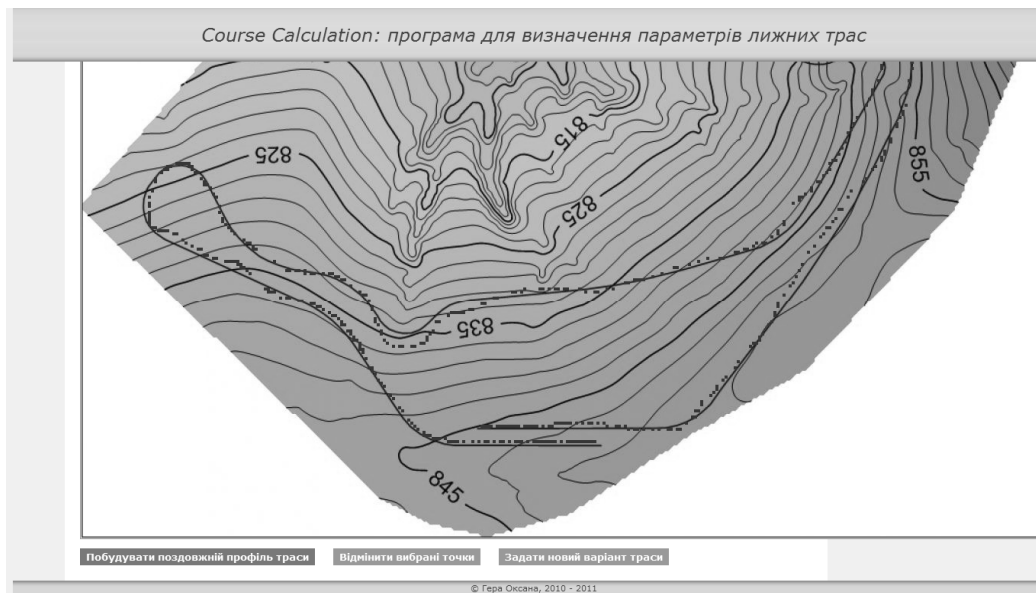


Рис. 3. Вибір осі лижної траси

Для випадку, коли відсутня цифрова модель рельєфу, але є поздовжній профіль лижної траси – передбачено ще один варіант внесення вхідної інформації. В середовище програми можна завантажити профіль траси – файл у форматі dat з набором висот точок по трасі (див. рис. 2). Для заданої траси будуть обчислені основні параметри.

Поздовжній профіль траси будується автоматично у наступному вікні (рис. 4). Одночасно визначаються основні кількісні параметри траси, такі як: довжина, перепад висот, максимальний підйом, загальний підйом по трасі, висота найвищої та найнижчої точок (рис. 5).



Рис. 4. Побудова поздовжнього профілю траси

### Основні параметри траси

Довжина траси: 5173.37 м  
 Перепад висот (HD): 32.44 м - різниця між найвищою і найнижчою точкою по всій трасі  
 Максимальний підйом (МС): 12.92 м - найбільший окремий підйом по трасі  
 Загальний підйом (ТС): 82.17 м - сума всіх окремих підйомів по трасі  
 Висота найвищої точки: 855.50 м  
 Висота найнижчої точки: 823.06 м

Зберегти координати у файл:

.dat **Зберегти**

Зберегти визначені параметри траси у файл:

.txt **Зберегти**

**Перевірити трасу на відповідність вимогам**

Рис. 5. Визначення метричних параметрів траси

Обчислені значення параметрів можна порівняти із встановленими міжнародними та українськими правилами проведення змагань із лижних перегонів (рис. 6), використовуючи функціональну кнопку “Перевірити трасу на відповідність вимогам”. У випадку, якщо запроєктований варіант траси задовольняє вимоги, його можна зберегти. Програма дає можливість зберегти координати точок, якими задана вісь траси, у вигляді dat-файла, а також основні числові параметри траси в текстовому файлі. Користувач задає назви та місце збереження файлів вихідної інформації. Координати точок лижної траси можна використати для подальшого аналізу рельєфу або для винесення осі траси на місцевість.

Потрібно розглянути можливість застосування запроєктованої траси як частини іншої, що характеризується більшою дистанцією.

### Параметри траси

Перепад висот (HD): 32.44 м  
 Максимальний підйом (МС): 12.92 м  
 Загальний підйом (ТС): 82.17 м

### Відповідність параметрів спроектованої траси до вимог інструкції FIS та українських правил

Параметри Дистанція	HD перепад висот		МС максимальний підйом		ТС загальний підйом	
	FIS	укр	FIS	укр	FIS	укр
0,4 - 1,8 км спринт	0 - 50	0 - 30	-	-	-	0 - 60
0,4 - 1,8 км спринт вільний	0 - 50	0 - 30	0 - 30	-	0 - 60	0 - 60
0,4 - 1,8 км спринт класичний	0 - 50	0 - 30	10 - 30	-	20 - 60	0 - 60
2,5 км	0 - 50	-	0 - 50	-	75 - 105	-
3,3 км	0 - 65	-	0 - 50	-	100 - 135	-
3,75 км	0 - 75	-	0 - 50	-	100 - 150	-
5 км	0 - 100	0 - 100 ж	0 - 50	0 - 50 ж	150 - 210	150 - 210 ж
7,5 км	0 - 125	0 - 120 ж	0 - 65	-	200 - 315	200 - 315 ж
10 км	0 - 150	0 - 150 ж 0 - 200 ч	0 - 80	0 - 80 ж	250 - 420	250 - 420
15 км	0 - 200	0 - 200	0 - 80	0 - 100 ч	400 - 600	400 - 600 ж 450 - 650 ч
30 км	0 - 200	0 - 200	0 - 80	0 - 100 ч	800 - 1200	800 - 1200 ч
50 км	0 - 200	0 - 200	0 - 80	0 - 100 ч	1400 - 2000	1400 - 1800 ч

Рис. 6. Порівняння визначених параметрів із нормативними

У разі, якщо кілька заданих варіантів зовсім не відповідають нормам, то це означає, що рельєф

досліджуваної місцевості не забезпечує вимог до лижних трас державного та міжнародного рівнів (наприклад, рівнинна ділянка). Доцільно вибрати для планування розташування лижних трас інший район.

**Результати експериментальної перевірки функціональності програми.** З метою перевірки роботи запропонованої програми задано профіль існуючої траси (рис.7).



Рис. 7. Профіль олімпійської траси (Вістлер, Канада)

Використано дані сертифікованої п'ятикілометрової траси, яка прокладена в Олімпійському парку Вістлера (Канада), де проходили ХХІ зимові Олімпійські ігри. Отже, в результаті завантаження dat-файла, побудовано поздовжній профіль лижної траси та визначено основні його параметри.

Наступним етапом стала перевірка відповідності значень обчислених параметрів рельєфу встановленим нормам (рис. 8).

**Course Calculation: програма для визначення параметрів лижних трас**

**Відповідність параметрів спроектованої траси до вимог інструкції FIS та українських правил**

Параметри	HD перепад висот		МС максимальний підйом		ТС загальний підйом	
	FIS	укр	FIS	укр	FIS	укр
0,4 - 1,8 км спринт	0 - 50	0 - 30	-	-	-	0 - 60
0,4 - 1,8 км спринт вільний	0 - 50	0 - 30	0 - 30	-	0 - 60	0 - 60
0,4 - 1,8 км спринт класичний	0 - 50	0 - 30	10 - 30	-	20 - 60	0 - 60
2,5 км	0 - 50	-	0 - 50	-	75 - 105	-
3,3 км	0 - 65	-	0 - 50	-	100 - 135	-
3,75 км	0 - 75	-	0 - 50	-	100 - 150	-
5 км	0 - 100	0 - 100 ж	0 - 50	0 - 50 ж	150 - 210	150 - 210 ж
7,5 км	0 - 125	0 - 120 ж	0 - 65	-	200 - 315	200 - 315 ж
10 км	0 - 150	0 - 150 ж 0 - 200 ч	0 - 80	0 - 80 ж	250 - 420	250 - 420
15 км	0 - 200	0 - 200	0 - 80	0 - 100 ч	400 - 600	400 - 600 ж 450 - 650 ч
30 км	0 - 200	0 - 200	0 - 80	0 - 100 ч	800 - 1200	800 - 1200 ч
50 км	0 - 200	0 - 200	0 - 80	0 - 100 ч	1400 - 2000	1400 - 1800 ч

© Гера Оксана, 2010 - 2011

Рис. 8. Перевірка олімпійської траси на відповідність встановленим вимогам

Отже, траса насправді відповідає всім визначеним вимогам як міжнародних, так і українських правил проведення змагань, що стосуються п'ятикілометрових трас, а програма розв'язує поставлені задачі правильно.

**Висновки.** Використання програми такого типу спрощує процес вибору ділянки для прокладання лижних трас, пошуку місць для проведення тренувань до конкретних змагань. Вже на етапі проектних робіт можна знехтувати деякими районами, рельєф яких зовсім не забезпечує вимог до параметрів лижної бігової траси. Це зменшує економічні та часові ресурси, які могли б бути витрачені на візуальне вивчення та детальне знімання місцевості. Отже, завдання, яке вирішує запропонована програма, полягає в тому, щоб з найменшими затратами виявити ділянку, яка найбільше відповідає заданим параметрам.

1. Бутин И.М. *Лыжный спорт: Учеб. пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений.* – М.: Издательский центр "Академия", 2000. 2. *FIS Cross-Country Homologation Manual, 4<sup>th</sup> edition, May 2008.* 3. *International Ski Competition Rules, FIS, 2008.*