

Závislost teploty na nadmořské výšce

pracovní návod s metodickým komentářem pro učitele připravil P. Tišl

Cíle

Cílem tohoto měření je nejenom praktické ověření obecně známého pravidla o teplotě klesající s nadmořskou výškou, ale také ověření míry této závislosti aplikací jednoduchých statistických metod – v tomto případě spearmanova koeficientu pořadové korelace.

Podrobnější rozbor cílů

Teplotní gradient je obecně známý a platný jev, který znají žáci již na základní škole. Při reálných měřeních je ale skutečnost často barvitější a hodnoty nemusí úplně odpovídat. Naším hlavním cílem je tedy změřit statisticky míru (sílu) této závislosti pro konkrétní soubor naměřených dat a diskutovat soulad či případný nesoulad s teoreticky existující závislostí.

Zadání úlohy

V průběhu exkurzního dne změříme na deseti vybraných místech nadmořskou výšku (senzor GPS) a teplotu (nerezový senzor teploty). Je možné uložit i GPS souřadnice bodů pro případné zobrazení v mapovém softwaru.

Technická úskalí, tipy a triky

Počet měření je možné podle potřeby upravit. Pro potřeby výpočtu spearmanova korelačního koeficientu musí být nejméně 6 měření. Z praktických důvodů volím deset. Pro žáky je výpočet z velkého množství hodnot méně přehledný a v neposlední řadě také zdlouhavý.

Pomůcky

datalogger Pasco SPARK, nerezové čidlo teploty PS-2153 (Pasco), GPS čidlo PS-2175 (Pasco) – bez problémů lze využít běžnou turistickou navigaci. Obdobná čidla a možnosti nabízí i systém VERNIER

Zařazení do výuky

Úloha je určena pro žáky gymnázií a středních škol. Samotné měření a zpracování dat je velmi jednoduché. Složitější je pak výpočet korelačního koeficientu. RVP ZV/GV – vzdělávací oblast: RVP GV – Člověk a příroda

Očekávané výstupy:

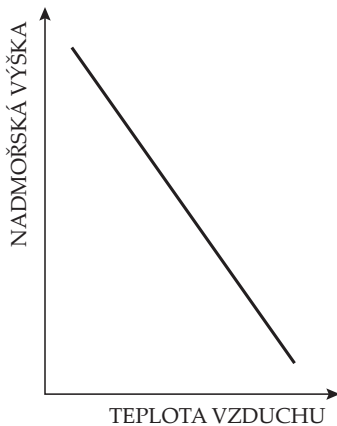
- Čte, interpretuje a sestavuje jednoduché grafy a tabulky, analyzuje a interpretuje číselné geografické údaje.

Časová náročnost

Úloha je vhodná pro cvičení v terénu, kde lze data sbírat v průběhu exkurzního dne (například při výstupu na významný vrchol). Zpracování dat a jejich vyhodnocení pak zabere 45 minut vysvětlení výpočtu korelačního koeficientu a 45 minut tvorba grafu a výpočet korelačního koeficientu. Celkově 90 minut.

Mezipředmětové vztahy

matematika – statistika a fyzika – fyzika atmosféry



Obr. 1: Závislost teploty na nadmořské výšce

Teoretický úvod

Změna teploty vzduchu s nadmořskou výškou se označuje jako teplotní gradient a je statistickou hodnotou, která říká, že se vzrůstající nadmořskou výškou se snižuje teplota. Udává se hodnota 0,6 °C na 100 výškových metrů. V reálném prostředí však působí mnoho faktorů, které mohou situaci zkomplikovat. Zmínit můžeme například teplotní inverzi.

V praktickém životě nám může teplotní gradient posloužit například při plánování výletů, a to zejména na horách. Pokud chceme vystoupit například z nadmořské výšky 500 m n. m. do výšky 1000 m n. m., můžeme nahoře počítat s teplotou o 3 °C nižší.

Korelace je termín označující vztah mezi dvěma veličinami. Pokud se tedy jedna veličina mění, mění se i druhá. Na druhou stranu je třeba říci, že korelace ještě nutně neznamená, že mezi veličinami nutně musí být příčinná souvislost, ale se zvyšující se mírou korelace se zvyšuje pravděpodobnost, že tomu tak je.

Ve statistice se používají korelační koeficienty, které dosahují hodnot od -1 – značí nepřímou závislost do $+1$ – přímá závislost. Nulová hodnota ukazuje, že mezi veličinami neexistuje žádná lineární závislost.

V této úloze se budeme zabývat analýzou dat pomocí spearmanova koeficientu pořadové korelace. Tento koeficient sestrojil britský psycholog Charles Spearman a využíval ho při statistickém vyhodnocování testů inteligence.

Výsledkem výpočtu spearmanova koeficientu je bezrozměrné číslo dosahující hodnot od -1 do $+1$ (viz výše). Při výpočtu postupujeme podle následujícího vzorce:

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n (i_x - i_y)^2}{n \cdot (n^2 - 1)} \quad (1)$$

i pořadí prvků

n počet prvků

Pokud chceme počítat tento koeficient, je třeba mít nejméně 5 dvojic dat (čím více, tím věrohodnější výsledek), a zejména v malých souborech je třeba eliminovat extrémní hodnoty (například eliminujeme nejvyšší a nejnižší hodnotu).

Výsledek výpočtu porovnáme s tabulkou kritických hodnot podle počtu měření. Většinou používáme kritické hodnoty pro hladinu významnosti 0,05.

Technická úskalí, tipy a triky

Z praktických zkušeností vím, že někteří žáci vzdávají boj, když uvidí tento vzorec. Jedná se však o velmi jednoduché mechanické počítání. Můžete si předem připravit ukázkový příklad, na kterém výpočet ukážete. Kritické hodnoty spearmanova korelačního koeficientu naleznete například na <http://cit.vfu.cz/stat/FVL/Teorie/tabulky.htm#Spearman> Příklad výpočtu na <http://athena.zcu.cz/kurzy/spne/000/HTML/41/>

Motivace

Asi každý ví, že při výstupu na Sněžku je dobré přibalit si do batůžku nějakou vrstvu oblečení navíc. Každý z nás denně slyší v předpovědi počasí, že v 1000 m na horách bude teplota zřetelně nižší než na zbytku území. Koho ale napadne vzít si teploměr a GPS a přesvědčit se o tom v realitě? My budeme nejen měřit hodnoty, ale také měřit míru závislosti pro danou konkrétní sadu měření.

Bezpečnost práce

Poučení o bezpečnosti práce se týká především pohybu v terénu. Žáci musí být poučeni o zásadách bezpečného pohybu v terénu a nutnosti bezpodmínečně poslouchat pokyny vyučujících.

Příprava úlohy

Před odchodem do terénu datalogery řádně nabijeme. Žáky rozdělíme do skupin a přidělíme vybavení. Provedeme názornou ukázkou měření a jeho uložení.

Postup práce

Na deseti vybraných lokalitách změříme nadmořskou výšku a teplotu. Hodnoty odečítáme manuálně a ukládáme do tabulky v dataloggeru. Hodnoty zároveň zaznamenáme do exkurzního zápisníku spolu se stručným popisem lokality.



Obr. 2: Měření v terénu se systémem Vernier a turistickou GPS Garmin

Nastavení HW a SW

- 1) Zapneme datalogger a připojíme senzory (viz obrázek 3 na následující straně).
- 2) Tlačítkem *sestavit* se dostaneme do *nabídky měřených veličin*, kde vybereme měření teploty a nadmořské výšky a zvolíme z *nabídky způsobu zobrazení* tlačítko *tabulka*.
- 3) V nabídce *nastavení vzorkování* vybereme možnost manuálního odečtu dat.

Vlastní měření a záznam dat

Data manuálně odečteme na každé zvolené lokalitě. Dáme pozor na dodržení metodiky měření. Sondy necháme chvíli temperovat, chráníme ji před přímým slunečním zářením i poryvy větru. V exkurzním deníku lokalitu stručně popíšeme.

Technická úskalí, tipy a triky

Při záznamu dat doporučuji, aby si žáci kromě záznamu dat v dataloggeru vedli také exkurzní zápisník. Eliminuje se možnost ztráty dat, žáci budou více zapojení a navíc při vyhodnocování nebudou závislí na opisování dat z malého displeje dataloggeru. Podívejte se také na videonávod k tomuto experimentu na www.expoz.cz.

Technická úskalí, tipy a triky

Podle potřeby můžeme do tabulky přidat i měření dalších hodnot. Například polohu nebo atmosférický tlak atd. Pro lepší uvědomění závislosti mohou žáci přidat při sestavování displeje tlačítkem *graf* i grafické znázornění naměřených dat.

Technická úskalí, tipy a triky

Při popisu lokality si všímáme okolností, které by mohly ovlivnit naměřené hodnoty teploty. Osvětlení lokality, zalesnění, intenzita větru. Obecně je vhodné zaznamenávat data v menším časovém rozsahu (například při výstupu na významný vrchol) tak, abychom eliminovali vliv denní amplitudy teploty.

Hodnocení výsledků

V sestrojeném bodovém grafu by již měla být patrná závislost, kterou poté ještě číselně vyjádříme a porovnáním s tabulkovou kritickou hodnotou rozhodneme, zda se závislost prokázala, či ne.

Syntéza a závěr

V závěru zhodnotíme míru prokázání závislosti. V případě jejího neprokázání se snažíme uvést důvody, proč nebyla prokázána. Příčinou může být inverzní charakter počasí nebo změna počasí během měření (nejdříve oblačno, potom slunečno).



Obr. 3: Zapojení senzorů

Analýza naměřených dat

Data zapíšeme do připravené tabulky v pracovním listu. Sestrojíme jednoduchý graf, do kterého zaneseme naměřené hodnoty (může být vytvořený i na displeji dataloggeru).

Podla vzorce (1) vypočteme hodnotu spearmanova koeficientu a porovnáme s tabulkou kritických hodnot pro počet prvků 10 a hladinu významnosti 0,05.

Informační zdroje

- <http://cit.vfu.cz/stat/FVL/Teorie/tabulky.htm#Spearman> – tabulka kritických hodnot spearmanova korelačního koeficientu
- <http://athena.zcu.cz/kurzy/spne/000/HTML/41/> – příklad výpočtu