

**Pravděpodobnost a statistika**

**Domácí úkoly 1S – 4S**

**Zadání 85**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Jméno studentky/studenta: | | Martin Šmídl | |
| Osobní číslo: | | smi0116 | |
| Jméno cvičící/cvičícího: | | Mgr. Adéla Vrtková | |
|  | |  | |
|  | |  | |
|  | |  | |
|  | |  | |
|  | Datum odevzdání | | Hodnocení |
| Domácí úkol 1: |  | |  |
| Domácí úkol 2: |  | |  |
| Domácí úkol 3: |  | |  |
| Domácí úkol 4: |  | |  |
| Celkem: | --------------------- | |  |

**Ostrava, AR 2021/2022**

***Popis datového souboru***

*Běžné zářivky trpí efektem pomalého nabíhání, tedy plného výkonu dosáhnou až po jisté době provozu. Toto chování je ovlivněno okolní teplotou, což v praxi znamená, že v chladném prostředí může zářivkám trvat výrazně déle než dosáhnou maximálního výkonu.*

*Pro test náběhu zářivek na plný světelný výkon bylo vybráno celkem 350 zářivek od čtyř různých výrobců (Amber, Bright, Clear, Dim). Všechny zářivky měly deklarovaný maximální světelný tok 1000 lm. U každé zářivky byl změřen světelný tok po 30 sekundách od zapnutí, nejprve při teplotě 22 °C a poté při teplotě 5°C.*

*V souboru ukol\_X.xlsx jsou pro každou z testovaných zářivek uvedeny následující údaje:*

* *pořadové číslo zářivky,*
* *výrobce – Amber (A), Bright (B), Clear (C), Dim (D),*
* *naměřený světelný tok v lumenech při okolní teplotě 5°C,*
* *naměřený světelný tok v lumenech při okolní teplotě 22°C.*

***Obecné pokyny:***

* *Úkoly zpracujte dle obecně známých typografických pravidel.*
* *Všechny tabulky i obrázky musí být opatřeny titulkem.*
* *Do úkolů nevkládejte tabulky a obrázky, na něž se v doprovodném textu nebudete odkazovat.*
* *Bude-li to potřeba, citujte zdroje dle mezinárodně platné citační normy ČSN ISO 690.*

**Úkol 1**

* *Pomocí nástrojů explorační analýzy porovnejte* *pokles světelného toku po 30 sekundách od zapnutí* *při snížení okolní teploty z 22°C na 5°C u zářivek od výrobců Amber a Bright. Data vhodně graficky prezentujte (krabicový graf, histogram, q-q graf) a doplňte následující tabulky a text.*

Pro veškeré analýzy byla použita původní datová sada bez úprav, záznamy v datové sadě jsou kompletní.

Výsledky popisné statistiky lze vidět v Tab 1 a na Obr 1 a Obr 2.

Tab 1 Pokles světelného toku po 30 sekundách od zapnutí při snížení okolní teploty z 22°C na 5°C u zářivek od výrobců Amber a Bright (souhrnné statistiky)

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **Původní data** | | | **Data po odstranění odlehlých pozorování** | | |
|  | | **Amber** | **Bright** | **Amber** | **Bright** |
| **rozsah souboru** | | **65** | **73** | 64 | 72 |
| **minimum** | | -76,4 | -94,3 | -4,3 | -5,6 |
| **dolní kvartil** | | -1,60 | -2,30 | -1,53 | -2,23 |
| **medián** | | 0,30 | 0,70 | 0,40 | 0,80 |
| **průměr** | | -0,58 | -0,05 | 0,61 | 1,26 |
| **horní kvartil** | | 3,00 | 4,90 | 3,08 | 4,93 |
| **maximum** | | 6,2 | 7,8 | 6,2 | 7,8 |
| **směrodatná odchylka** | | 9,99 | 11,83 | 2,94 | 3,87 |
| **variační koeficient (%)** | | - | - | - | - |
| **šikmost** | | -6,9 | -7,0 | 0,2 | 0,1 |
| **špičatost** | | 49,8 | 53,9 | -1,0 | -1,3 |
| **Identifikace odlehlých pozorování (vnitřní hradby)** | | | | | |
| **dolní mez** | | -8,50 | -13,10 | - | |
| **horní mez** | | 9,90 | 15,70 | - | |

Diagram

Description automatically generated

Obr 1 Pokles světelného toku (lm) po 30 sekundách od zapnutí při snížení okolní teploty z 22°C na 5°C u zářivek od výrobců Amber a Bright (krabicový graf, původní data)

Chart, histogram

Description automatically generated**Chart, line chart

Description automatically generated** Chart, box and whisker chart

Description automatically generated

Obr 2 Pokles světelného toku (lm) po 30 sekundách od zapnutí při snížení okolní teploty z 22°C na 5°C u zářivek od výrobců Amber a Bright (krabicový graf, histogramy, QQ-graf, data po odstranění odlehlých pozorování)

**Analýza poklesu světelného toku zářivek výrobce Amber**

**(po 30 sekundách od zapnutí, při snížení okolní teploty z 22°C na 5°C)**

Během testu byl zjišťován pokles světelného toku 65 kusů zářivek výrobce Amber. Zjištěný pokles se pohyboval v rozmezí -76,4 lm až 6,2 lm. Pokles světelného toku zářivky s identifikačním číslem 40 byl na základě metody vnitřních hradeb identifikován jako odlehlé pozorování, protože se nachází mimo interval (-8,50; 9,90) a nebude zahrnut do dalšího zpracování. Možná příčina vzniku odlehlého pozorování je: špatně provedené měření nebo vada zářivky, v závislosti na výši záporného poklesu neboli nárůstu svítivosti. Dále uvedené výsledky tedy pocházejí z analýzy poklesů světelného toku 64 kusů zářivek. Jejich průměrný pokles světelného toku byl 0,61 lm, směrodatná odchylka pak 2,94 lm. U poloviny testovaných zářivek pokles světelného toku nepřekročil 0,40 lm. V polovině případů se pokles světelného toku pohyboval v rozmezí -1,53 lm až 3,08 lm. Vzhledem k záporným hodnotám poklesu neboli nárůstu svítivosti, není vhodné využít variačního koeficientu, tedy nelze analyzovaný soubor považovat za homogenní.

**Analýza poklesu světelného toku zářivek výrobce Bright**

**(po 30 sekundách od zapnutí, při snížení okolní teploty z 22°C na 5°C)**

Během testu byl zjišťován pokles světelného toku 73 kusů zářivek výrobce Amber. Zjištěný pokles se pohyboval v rozmezí -94,3 lm až 7,8 lm. Pokles světelného toku zářivky s identifikačním číslem 95 byl na základě metody vnitřních hradeb identifikován jako odlehlé pozorování, protože se nachází mimo interval (-13,10; 15,70) a nebude zahrnut do dalšího zpracování. Možná příčina vzniku odlehlého pozorování je: špatně provedené měření nebo vada zářivky, v závislosti na výši záporného poklesu neboli nárůstu svítivosti. Dále uvedené výsledky tedy pocházejí z analýzy poklesů světelného toku 72 kusů zářivek. Jejich průměrný pokles světelného toku byl 1,26 lm, směrodatná odchylka pak 3,87 lm. U poloviny testovaných zářivek pokles světelného toku nepřekročil 0,80 lm. V polovině případů se pokles světelného toku pohyboval v rozmezí -2,23 lm až 4,93 lm. Vzhledem k záporným hodnotám poklesu neboli nárůstu svítivosti, není vhodné využít variačního koeficientu, tedy nelze analyzovaný soubor považovat za homogenní.

**Ověření normality poklesu světelného toku zářivek výrobce Amber**

**(po 30 sekundách od zapnutí, při snížení okolní teploty z 22°C na 5°C)**

Na základě grafického zobrazení (viz Obr 2) a výběrové šikmosti a špičatosti (výběrová šikmost i špičatost leží v intervalu ) dle QQ grafu a histogramu se můžeme domnívat, že pokles světelného toku zářivek výrobce Amber má normální rozdělení. Dle pravidla 3 lze tedy očekávat, že přibližně 95 % zářivek bude mít pokles světelného toku v rozmezí -5,26 lm až 6,47lm.

**Ověření normality poklesu světelného toku zářivek výrobce Bright**

**(po 30 sekundách od zapnutí, při snížení okolní teploty z 22°C na 5°C)**

Na základě grafického zobrazení (viz Obr 2) a výběrové šikmosti a špičatosti (výběrová šikmost i špičatost leží v intervalu ), ale vzhledem ke QQ grafu a histogramu nelze předpokládat, že pokles světelného toku zářivek výrobce Bright má normální rozdělení. Dle pravidla Čebyševovy nerovnosti lze tedy očekávat, že více než 75 % zářivek bude mít pokles světelného toku v rozmezí -6,47 lm až 8,98 lm.

**Úkol 2**

*Porovnejte pokles světelného toku po 30 sekundách od zapnutí při snížení okolní teploty z 22°C na 5°C u zářivek od výrobců Amber a Bright. Nezapomeňte, že použité metody mohou vyžadovat splnění určitých předpokladů. Pokud tomu tak bude, okomentujte splnění/nesplnění těchto předpokladů jak na základě explorační analýzy (např. s odkazem na histogram apod.), tak exaktně pomocí metod statistické indukce.*

1. *Graficky prezentujte srovnání poklesů světelného toku zářivek výrobců Amber a Bright při snížení okolní teploty (vícenásobný krabicový graf, histogramy, q-q grafy).* *Srovnání okomentujte (včetně informace o případné manipulaci s datovým souborem).* ***Poznámka****: Byla-li grafická prezentace poklesů světelných toků v úkolů 1 bez připomínek, stačí do komentáře vložit odkaz na grafické výstupy z úkolu 1.*
2. *Na hladině významnosti 5 % rozhodněte, zda jsou střední poklesy (popř. mediány poklesů) světelného toku zářivek výrobců Amber a Bright statisticky významné. K řešení využijte bodové a intervalové odhady i testování hypotéz. Výsledky okomentujte.*
3. *Na hladině významnosti 5 % rozhodněte, zda je rozdíl středních hodnot (mediánů) poklesů světelných toků zářivek výrobců Amber a Bright (při snížení okolní teploty) statisticky významný. K řešení využijte bodový a intervalový odhad i čistý test významnosti. Výsledky okomentujte.*

**Úkol 3**

*Na hladině významnosti 5 % rozhodněte, zda se světelný tok zářivek při teplotě 5 °C liší v závislosti na tom, od kterého výrobce pocházejí. Posouzení proveďte nejprve na základě explorační analýzy a následně pomocí vhodného statistického testu, včetně ověření potřebných předpokladů. V případě, že se světelný tok zářivek jednotlivých výrobců statisticky významně liší, určete pořadí výrobců dle středního světelného toku (popř. mediánu světelného toku) zářivek při 5°C.*

1. *Daný problém vhodným způsobem graficky prezentujte (vícenásobný krabicový graf, histogramy, q-q grafy). Srovnání okomentujte (včetně informace o případné manipulaci s datovým souborem).*
2. *Ověřte normalitu a symetrii světelného toku zářivek při teplotě 5°C u všech čtyř výrobců (empiricky i exaktně).*
3. *Ověřte homoskedasticitu (shodu rozptylů) světelného toku zářivek při teplotě 5 °C jednotlivých výrobců (empiricky i exaktně).*
4. *Určete bodové a 95% intervalové odhady střední hodnoty (popř. mediánu) světelného toku zářivek při teplotě 5°C pro všechny srovnávané výrobce. (Nezapomeňte na ověření předpokladů pro použití příslušných intervalových odhadů.)*
5. *Čistým testem významnosti ověřte, zda je pozorovaný rozdíl středních hodnot (popř. mediánů) světelného toku zářivek při teplotě 5°C statisticky významný na hladině významnosti 5 %. Pokud ano, zjistěte, zda lze některé skupiny výrobců označit (z hlediska světelného toku zářivek po 30 sekundách od zapnutí, při teplotě 5°C) za homogenní, tj. určete pořadí výrobců dle středních hodnot (popř. mediánů) světelného toku zářivek při 5°C. (Nezapomeňte na ověření předpokladů pro použití zvoleného testu.)*

**Úkol 4**

*Všichni čtyři výrobci udávají, že jejich zářivky dosáhnou při 5°C po 30 sekundách od zapnutí alespoň osmdesáti procent deklarovaného maximálního světelného toku (tj. 80 % z 1 000 lm). Definujte si novou dichotomickou proměnnou Splnění požadavku na deklarovaný světelný tok po 30 s (při 5°C), která bude nabývat hodnot {ANO, NE}. Poznámka: Pracujte s původními daty, nikoliv s daty po odstranění odlehlých pozorování.*

1. *Srovnejte zářivky jednotlivých výrobců dle toho, zda při teplotě 5°C splňují deklarovaný světelný tok po 30 s od zapnutí pro jednotlivé výrobce (Amber, Bright, Clear, Dim). Výsledky prezentujte pomocí kontingenční tabulky, vhodného grafu a vhodné míry kontingence. Vaše úsudky komentujte.*
2. *V případě výrobce Bright určete bodový i 95% intervalový odhad pravděpodobnosti, že při teplotě 5°C zářivka nedosáhne po 30 sekundách požadovaného světelného toku (80 % deklarovaného maximálního světelného toku). Nezapomeňte na ověření předpokladů pro použití intervalového odhadu.*
3. *Určete bodový i 95% intervalový odhad relativního rizika, že zářivka při teplotě 5°C nedosáhne po 30 sekundách požadovaného světelného toku (80 % deklarovaného maximálního světelného toku), pro „nejhoršího“ výrobce (vzhledem k „nejlepšímu“ výrobci). Výsledky slovně interpretujte.*
4. *Určete bodový i 95% intervalový odhad poměru šancí, že zářivka při teplotě 5°C nedosáhne po 30 sekundách požadovaného světelného toku (80 % deklarovaného maximálního světelného toku), pro „nejhoršího“ výrobce (vzhledem k „nejlepšímu“ výrobci). Výsledky slovně interpretujte.*
5. *Pomocí chí-kvadrát testu nezávislosti rozhodněte, jestli to, že zářivka při teplotě 5°C nedosáhne po 30 sekundách požadovaného světelného toku (80 % deklarovaného maximálního světelného toku), závisí statisticky významně na tom, od kterého výrobce zářivka pochází. Výsledky okomentujte.*

## Jak identifikovat, zda jsou v datech odlehlá pozorování?

*Emiprické posouzení:*

* *použití vnitřních (vnějších) hradeb,*
* *vizuální posouzení krabicového grafu.*

*Jak naložit s odlehlými hodnotami by měl definovat hlavně zadavatel analýzy (expert na danou problematiku).*

## Jak ověřit normalitu dat?

*Emiprické posouzení:*

* *vizuální posouzení histogramu,*
* *vizuální posouzení grafu odhadu hustoty pravděpodobnosti,*
* *Q-Q graf,*
* *posouzení výběrové šikmosti a výběrové špičatosti.*

*Exaktní posouzení:*

* *testy normality (např. Shapirův – Wilkův test, Andersonův-Darlingův test, Lillieforsův test, …)*

## Jak ověřit homoskedasticitu (shodu rozptylů)?

*Emiprické posouzení:*

* *poměr největšího a nejmenšího rozptylu,*
* *vizuální posouzení krabicového grafu.*

*Exaktní posouzení:*

* *F – test (parametrický dvouvýběrový test),*
* *Bartlettův test (parametrický vícevýběrový test),*
* *Leveneův test (neparametrický test).*