

**Zápočtový domácí úkol**  
**Pravděpodobnost a statistika (NMAI059)**  
**Zimní semestr 2013-14**

**Simulace obsluhy zákazníků banky**

Doby mezi příchody zákazníků do banky jsou nezávislé náhodné veličiny s exponenciálním rozdělením. Během jedné minuty přijdou do banky průměrně 4 zákazníci. Banka otvírá v 8:00 a končí příjem klientů v 18:00.

1. Nasimulujte příchody zákazníků v jednom dni. Kolik zákazníků v tomto dni přišlo?
2. Simulaci proveďte celkem 360 krát (banka má otevřeno 360 dní v roce) a uložte si počty zákazníků pro jednotlivé dny. Nasimulované hodnoty považujte za pozorovaná data a dále:
  - (a) Odhadněte střední hodnotu počtu zákazníků během jednoho dne (bodový a 95% intervalový odhad).
  - (b) Lze statisticky (na 5% hladině významnosti) prokázat, že se střední počet zákazníků za jeden den liší od 2400?
  - (c) Nakreslete histogram pro počty zákazníků v jednotlivých dnech a zkuste podle obrázku navrhnout, jakým rozdělením se počet klientů za den řídí.
  - (d) Otestujte shodu rozdělení počtu zákazníků za den s normálním rozdělením (použijte Shapirův-Wilkův test - `shapiro.test()`)
  - (e) Do histogramu vykreslete hustotu příslušného normálního rozdělení.
3. V bance je 7 přepážek. Doba obsluhy jednoho zákazníka je náhodná veličina s exponenciálním rozdělením. Střední doba obsluhy zákazníka je 2 minuty. Zákazníci se řadí do jedné fronty, ze které postupně přecházejí k uvolněným přepážkám. Zákazníci, kteří jsou v 18:00 stále ve frontě, budou obslouženi v rámci přescasů. Proveďte simulaci obsluhy pro 360 dní.
  - (a) Spočítejte průměrnou dobu ukončení provozu, tedy dobu obslužení posledního zákazníka ve frontě.
  - (b) Zjistěte, jaká je pro jednotlivé zákazníky doba čekání (0 je v případě, že zákazník je ihned po příchodu obsloužen). Nakreslete histogram pro doby čekání a určete průměrnou čekací dobu.
  - (c) Odhadněte pravděpodobnost, že zákazník nebude muset čekat ve frontě déle než 5 minut.
  - (d) Navrhněte „optimální“ počet přepážek, tj. takový, při kterém klienti co nejméně čekají a současně úředníci nemají čas na procházení webu. Sami zvolte vhodnou omezující podmínku optima (např. vhodně stanovte maximální čas, který mají úředníci na oddech).
  - (e) Proveďte simulaci znovu s navrženým počtem přepážek a otestujte, zda se celková doba čekání ve frontě (součet čekání všech zákazníků v daném dni) významně zkrátí.

**Pokyny k vypracování**

- Vaše řešení musí obsahovat zejména **komentář** vašich statistických úvah s relevantními výstupy simulací a jejich interpretací – **maximálně** 3 strany textu + obrázky. Velikost použitého fontu (v hlavních částech dokumentu) se musí pohybovat od 10 do 12 pt.

- Komentář řešení vyžadujeme v **souvislých** větách. Celý dokument musí být (včetně popisek tabulek a grafů) napsán konzistentně v jednom jazyce – čtete česky, slovensky, anglicky. Dokument tvořte v čem chcete (doporučujeme L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X, ale s MS Wordem či OO Writerem to také asi půjde), ale nám pošlete jenom pdf! Obrázky zakomponujte do dokumentu, matematiku sázejte v kvalitě běžné v 21. století.
- Dále nám zašlete **váš komentovaný kód** použitý k analýzám a malování obrázků. Abychom si mohli vaše výsledky ověřit, nastavte `set.seed(ddmmYYYY)` podle vašeho data narození před prvním generováním náhodných čísel. Tento použitý **seed** nezapomeňte uvést ve svém řešení.
- Soubor s R kódem nazvěte `prijmeni_jmeno.R`, soubor s hlavním komentářem nazvěte `prijmeni_jmeno.pdf`. V názvech souborů **nepoužívejte** diakritiku! Oba soubory zabalte do souboru nazvaného `prijmeni_jmeno.pripona` (přípona dle použitého kompresního programu) a pošlete **e-mailem** svému cvičícímu. Mějte na paměti, že v dnešní době odeslání e-mailu ještě neznamena jeho přijetí adresátem. Cvičící v přiměřené době obvykle potvrdí přijetí (maily však nečteme kontinuálně 24 hodin denně a často ani o víkendech). K balení prosím použijte výhradně jeden z programů: `zip`, `bzip2`, `gzip`, `tar -zcvf`.
- **Deadline** pro odeslání práce je **pondělí 10. března 2014 (23:59 CET)**. Práce došlé po tomto datu budou mazány.
- Jedná se o **samostatnou** práci. Pokud usoudíme, že se některá řešení navzájem příliš podobají, odměníme autory bonusem mínus 30 bodů.
- Za práci je možno získat maximálně 40 bodů, přičemž 20 bodů bude uděleno za statistiku, 10 bodů za komentář k Rkovému kódu a 10 bodů za celkový dojem z práce.