

- 9.1 Legyenek  $X_1 \sim \text{Exp}(\lambda_1)$ , és  $X_2 \sim \text{Exp}(\lambda_2)$  függetlenek, ahol  $0 < \lambda_1 < \lambda_2$ . Határozzuk meg  $X_1 + X_2$  eloszlását.
- 9.2 Mutassuk meg *számolással*, hogy ha  $X_i, i = 1, \dots, n$  független azonos eloszlású geometriai valószínűségi változók, akkor  $X_1 + \dots + X_n$  negatív binomiális eloszlású. Használjunk indukciót. (A valószínűség-számítási érvelést már láttuk előadáson.)
- 9.3 X úr vonattal és távolsági autóbuszszal utazik a munkahelyére. *Menetrend szerint* a vonat 7:30-kor érkezik, a busz pedig 7:37-kor indul. Az átszállás két percet vesz igénybe. Ám a vonat valódi érkezési ideje *normális eloszlású* valószínűségi változó melynek várható értéke 7:30-kor van és szórása 3 perc. Az autóbusz valódi indulási ideje a vonat érkezésétől független, szintén normális eloszlású valószínűségi változó, melynek várható értéke 7:37-kor van, szórása pedig 4 perc.
- a) Mennyi annak a valószínűsége, hogy X úr a hét öt munkanapja közül legfeljebb egy alkalommal késse le a buszcsatlakozást?
- b) X úr hazafelé a menetrend szerint 17:40-kor érkező buszról leszállva szeretné elérni a menetrend szerint 17:49-kor induló vonatot. A járművek érkezési, illetve indulási idejének szórása ismét 4, illetve 3 perc, és az átszállás visszafelé is két percet igényel. Egy évben 220 munkanappal számolva, mi a valószínűsége, hogy X úr hazafelé több alkalommal kési le a csatlakozást, mint munkába menet?
- 9.4 \*\*\* Egy duatlon verseny négy futókörből és egy biciklis résztávból áll. Cérna Géza a négy futókör mindegyikét várható értékben 15 perc alatt teljesíti, körönként 3 perc szórással. A biciklis résztávhoz várható értékben 50 percre van szüksége, 8 perc szórással. Az egyes teljesítési idők függetlenek és normális eloszlásúak. (Standard normális eloszlás a hátoldalon.)
- a) A teljes verseny szintideje 2 óra (azaz 120 perc). Mi a valószínűsége, hogy Cérna Géza be tudja fejezni a versenyt 120 percen belül?
- b) Mi a valószínűsége, hogy Cérna Gézának a négy futókör teljesítéséhez (összesen) kevesebb időre van szüksége, mint a biciklis résztáv teljesítéséhez?
- c) Cérna Gézával együtt összesen 900-an indulnak a versenyen. Az egyes futókörök és a biciklis résztáv teljesítési ideje minden versenyző esetén a Gézánál látott eloszlású, és egymástól független. Azok a versenyzők, akik 105 percen belül beérkeznek a célba, extra befutócsomagot kapnak. Jelölje  $X$ , hogy hány versenyző kap extra befutócsomagot. Keressük meg a legkisebb olyan  $k_0$  számot, amelyre igaz, hogy  $\mathbb{P}(X \leq k_0) \geq 0.96$ .
- 9.5 Egy zsemle tömegének várható értéke 55g, szórása 4g, egy kifli tömegének várható értéke 45g, szórása 3g. Az eloszlások normálisak és függetlenek tekinthetők. Veszek egy kiflit és egy zsemlét, mi a valószínűsége, hogy a kifli nehezebb lesz a zsemlénél?
- 9.11 Számoljuk ki a következő együttes eloszlásokra  $X$  feltételes sűrűségfüggvényét az  $Y = y_0$  feltétel, valamint  $Y$  feltételes sűrűségfüggvényét az  $X = x_0$  feltétel mellett:

- a) Legyen az  $X$  és  $Y$  valószínűségi változók együttes eloszlásának sűrűségfüggvénye:

$$h(x, y) = \begin{cases} \frac{4}{5}(x + xy + y) & \text{ha } 0 < x < 1, 0 < y < 1, \\ 0 & \text{egyébként.} \end{cases}$$

- b)  $(X, Y)$  együttes eloszlása egyenletes az  $\{(x, y) \mid x^2 + y^2 \leq 1\}$  körlapon.

9.12 \*\*\*

- a) Két dobókockával dobunk, legyen  $X$  a dobott számok összege,  $Y$  a dobott számok különbsége. Számoljuk ki  $X$  feltételes sűrűségfüggvényét, az  $Y = j, j = 0, 1, \dots, 5$  feltétel mellett. Független egymástól  $X$  és  $Y$ ? Miért?
- b)  $X$  és  $Y$  együttes sűrűségfüggvénye

$$f(x, y) = c(x^4 - y^4)e^{-3x} \quad 0 \leq x < \infty, |y| \leq x.$$

Mi  $Y$  feltételes eloszlása,  $X = x$  feltétel mellett?

- c)  $X$  és  $Y$  együttes eloszlása egyenletes azon a ötszög alakú tartományon, melynek csúcsai  $(2, 0); (1, -1); (-1, -1); (-2, 0); (0, 1)$ . Határozzuk meg  $X$  feltételes eloszlását az  $Y = y_0$ , valamint  $Y$  feltételes eloszlását az  $X = x_0$  feltétel mellett, minden szóba jövő  $x_0$  és  $y_0$  értékre.

- 9.13 Legyenek  $X, Y$  és  $Z$  független valószínűségi változók. Legyen  $X$  ill.  $Y$  eloszlásfüggvénye  $F(x)$ , ill.  $G(x)$ , és legyen  $\mathbf{P}\{Z = 1\} = p = 1 - \mathbf{P}\{Z = 0\}$ . Határozzuk meg a következő valószínűségi változók eloszlásfüggvényeit:

$$T := ZX + (1 - Z)Y, \quad U := ZX + (1 - Z)\max\{X, Y\}, \quad V := ZX + (1 - Z)\min\{X, Y\}.$$

- 9.14 Pistike egy nagy doboz rossz minőségű villanykörtét vásárolt, amiknek az élettartama független exponenciális eloszlású mindössze 10 perc várható értékkel. Este 10-kor leül valószínűség-számítást tanulni, becsavarja az asztali lámpájába az első körtét, és felkapcsolja. Ezután amikor egy körte kiég, rögtön kicseréli, és a következő mellett tanul tovább. Jelölje  $\tau_1, \tau_2, \dots$  az egyes villanykörték élettartamát.

- a) Jelölje  $T_2$  azt az időpontot (este 10-től számítva, percben), amikor a második körte kiég, vagyis  $T_2 = \tau_1 + \tau_2$ . Mi  $T_2$  sűrűségfüggvénye? Számoljuk ki közvetlenül.
- b) Milyen lesz  $T_1$  feltételes eloszlása a  $T_2 = t$  feltétel mellett?

- c) "Kitekintő": Mi annak a valószínűsége egy POI(1/10) folyamatban, hogy még nem érkezett meg  $t$ -kor a második pont? És hogy már megérkezett? Deriváljuk és hasonlítsuk össze az első pontbeli eredménnyel.
- d) Jelölje  $T_n$  azt az időpontot (este 10-től számítva, percben), amikor az  $n$ -edik körte kiég, vagyis  $T_n = \tau_1 + \tau_2 + \dots + \tau_n$ . Mi  $T_n$  sűrűségfüggvénye?
- e) Minden  $n$ -re írjuk fel annak valószínűségét, hogy  $n$  darab körtével nem tudja kihúzni fél óráig – vagyis hogy  $T_n < 30$ . (A kapott közepesen csúnya integrál kiszámolása nélkül is továbbléphetünk.)
- f) Jelölje  $X$  a Pistike által az első 30 perc alatt elhasznált körték számát. Mi  $X$  eloszlása?
- g) Emlékezzünk a 7.23. feladatra!

9.15 Egymástól függetlenül  $N$  ember érkezik egy üzleti vacsorára. Amikor megérkezik, minden ember körülnéz, hogy van-e a már megjelenetek között barátja, majd vagy odaül az egyik barátjának az asztalához, vagy egy üres asztalhoz ül, ha nem érkezett meg még egy barátja sem. Ha bármely két ember mindentől függetlenül  $p$  valószínűséggel barátja egymásnak, számoljuk ki az elfoglalt asztalok várható számát! (Tipp: legyen  $X_i$  annak az indikátora, hogy az  $i$ -edik megérkező üres asztalhoz ül. (Azaz  $X_i = 1$ , ha üres asztalhoz ül, és  $X_i = 0$ , ha nem.))

9.16 •• Adott egy 100 emberből álló csoport.

- a) Mennyi azon napok várható száma, amikor legalább 3 embernek van közülük születésnapja?
- b) Várhatóan hány olyan nap van egy évben, amikor közülük valakinek születésnapja van?

Bónusz (hasonló, mint az előző, csak picit máshogy) Egy urnában van  $n$  golyónk, ebből húzunk  $a_n$  darabot ismétléssel.

- a) Mi annak a valószínűsége, hogy az  $i$ -edik golyót legalább kétszer húzom ki?
- b) Milyen  $a_n$  értékre lesz a legalább kétszer húzott golyók számának várható értéke  $Cn^\alpha$ ,  $\alpha \in \mathbb{R}$  nagyságrendű? Spec  $\alpha = 0$ -ra mekkora az  $a_n$ ?
- c) Mik a szóba jöhető  $\alpha$  kitevők?

9.17 Véletlenszerűen sorban áll  $n$  férfi és  $n$  nő.

- a) Mennyi azon férfiak várható száma, akik mellett (azaz előtt vagy mögött) nő áll a sorban?
- b) Mennyi lenne a válasz, ha nem sorban állnának, hanem egy kerek asztal köré ülnének le?

9.18 10 házaspár ül le véletlen elhelyezéssel egy kerekasztalhoz. Számítsuk ki

- a) a várhatóértékét,
- b) a szórásnégyzetét

annak, hogy hány férj ült a felesége mellé.

9.19 •• Egy hibátlan kockával dobunk százszor. Jelölje  $X$ , hogy hány alkalommal sikerül hatos után közvetlenül egyest dobni. Mennyi  $X$  várható értéke és szórása?

9.20 Dobókockával addig dobálunk, amíg 1-től 6-ig minden szám legalább egyszer elő nem fordul. Mennyi a szükséges dobások számának várható értéke?

9.21 Egy palack tej mennyiségének várható értéke 1 liter, szórása 4 centiliter. Egy négytagú családban minden reggel kibontanak egy palack tejet. Először a kisebbik gyerek tölt magának egy kis pohárral, majd a nagyobb gyerek és az anyuka egy-egy nagy pohárral, a maradékot az apuka ihatja meg. A kis pohárba várhatóan 2 deciliter, a nagyobb poharakba 3-3 deciliter tej kerül, a tej mennyiségének szórása 1 centiliter a kis pohár és 2 centiliter a nagy pohár esetén. Az egyes folyadékmennyiségek függetlenek és normális eloszlásúnak tekinthetők.

- a) Mi a valószínűsége, hogy az apukának kevesebb, mint másfél deciliter tej marad?
- b) Mi a valószínűsége, hogy 2015-ben legalább 70 reggel kell az apukának másfél deciliternél kevesebb tejjel beérnie?
- c) Esténként a közeli éjjel-nappali boltban vásárolják a tejet, az ott kapható palackban a mennyiség várható értéke 1 liter, szórása 5 centiliter. Vacsoránál a tejet a reggelihez hasonló eljárással osztják el egymás között a család tagjai. Mi a valószínűsége, hogy 400 egymást követő napon több olyan reggeli lesz, mint ahány vacsora, amikor az apukának másfél deciliternél kevesebb tejjel kell beérnie?

9.22 A kóbor kutyák átlagos testsúlya 40 kg, a testsúlyuk szórása pedig 20 kg. A sintérek által a kutyák elfogására használt háló elszakad, ha a kutya 60 kilónál nehezebb, a 20 kilónál kisebb kutyák pedig ki tudnak bújni belőle. Határozzuk meg annak a valószínűségét, hogy a kutya testsúlya az átlagtól nem tér el 20 kg-mal többlet, és így biztonságosan el lehet kapni a hálósával, ha

- a) a testsúly  $\mathcal{N}(40, 400)$  normális eloszlású;
- b) a testsúly lognormális eloszlású, melynek 40 kg a várható értéke és 20 kg a szórása.

A két modell közül melyik valószínűbb?