

Félévi időbeosztás [házi feladat beadási határidőkkel]
 Valószínűségszámítás matematikusoknak és fizikusoknak, 2011 őszi
 (zárójelben: tervezett tanóraszám; egy tanóra = 45 perc)

-vel kezdődő hét	Előadás H 12-14	Matgyak H 14-16	Fizgyak Cs 12-14
Szept. 5	Eseménytér, mértékelmélet (1.3), egyszerű állítások (0.7)	Kombinatorikai gyorstalpaló (1.3), Szita formula (0.7)	Kombinatorikai gyorstalpaló (1.3), Szita formula (0.7)
Szept. 12	Feltételes val. (0.5), Bayes tétel (1), (feltételes) függetlenség (0.5)	Egyenlő val.ségű események (2) [1. HF]	## Egyetemi Sportnap ##
Szept. 19	(Feltételes) függetlenség (1), diszkrét val.változók (0.3), várható é., szórás (0.7)	Feltételes val. (0.8), Bayes tétel (0.3), (feltételes) függetlenség (0.9) [2. HF]	Egyenlő val.ségű események (2) [1. HF]
Szept. 26	Bernoulli, binomiális eo. (1.3), Bernoulli NSZTV (0.7)	(Feltételes) függetlenség (1), diszkrét val.változók (1) [3. HF]	Feltételes val. (0.8), Bayes tétel (0.3), (feltételes) függetlenség (0.9) [2. HF]
Okt. 3	Bernoulli NSZTV (0.5), Poisson eloszlás & folyamat (1.5)	Várható é., szórás (1.3), Bernoulli, binomiális eo. (0.7) [4. HF]	(Feltételes) függetlenség (1), diszkrét val.változók (1) [3. HF]
Okt. 10	Geometriai, neg.binom, hipergeom. eo. (0.5), eloszlásfv., sűr.fv. (0.5), várható é., szórás (0.5), eo.-sok egyéb jell. (0.5)	Bernoulli, binomiális eo. (0.6), Poisson eloszlás & folyamat (1.4) [5. HF]	Várható é., szórás (1.3), Bernoulli, binomiális eo. (0.7) [4. HF]
Okt. 17	Egyenletes eo. (0.3), normális eo. (0.7), Stirling formula (1)	Geom., neg.binom, hipergeom. eo. (0.8), eloszlásfv., sűr.fv. (0.8), várható é., szórás (0.4) [6. HF]	Bernoulli, binomiális eo. (0.6), Poisson eloszlás & folyamat (1.4) [5. HF]
Okt. 24	DeMoivre-Laplace t. (1), exponenciális eo. (0.7), eo. trafó (0.3)	Eo.-sok egyéb jell. (0.3), egyenletes eo. (0.4), normális eo. (0.7), DeMoivre-Laplace alk. (0.3), exponenciális eo. (0.3) [7. HF]	Geom., neg.binom, hipergeom. eo. (0.8), eloszlásfv., sűr.fv. (0.8), várható é., szórás (0.4) [6. HF]
Okt. 31	!! November 5, szombat !! Együttes eo. (0.7), többdim. eo.trafó (0.5), többdim. Gauss (0.8)	!! November 5, szombat !! <i>Ismétlés, gyakorlás</i>	Eo.-sok egyéb jell. (0.3), egyenletes eo. (0.4), normális eo. (0.7), DeMoivre-Laplace alk. (0.3), exponenciális eo. (0.3) [7. HF]
Nov. 7	Független v.v. (1), konvolúció (0.7), felt. eo.-k (0.3)	Exponenciális eo. (0.3), eo. trafó (0.4), Együttes eo. (1.3) [8. HF]	Exponenciális eo. (0.3), eo. trafó (0.4), Együttes eo. (1.3) [8. HF]
Nov. 14	Összegek várható é. (0.6), kovariancia (1.4)	Többdim. eo.trafó (0.2), többdim. Gauss (0.5), független v.v. (0.3), konvolúció (0.6), felt. eo.-k (0.4) [9. HF]	Többdim. eo.trafó (0.2), többdim. Gauss (0.5), független v.v. (0.3), konvolúció (0.6), felt. eo.-k (0.4) [9. HF]
Nov. 21	Felt. várh. é. (1.2), Steiner tétel (0.8)	Felt. eo.-k (0.6), összegek várható é. (1.4) [10. HF]	Felt. eo.-k (0.6), összegek várható é. (1.4) [10. HF]
Nov. 28	Momentum gen. fv. (0.7), Csebisev egyenlőtlenség & NSZGYT (1.3)	Kovariancia (1.2), felt. várh. é. (0.8) [11. HF]	Kovariancia (1.2), felt. várh. é. (0.8) [11. HF]
Dec. 5	CHT (0.7), NSZET (1.3)	Mom. gen. fv. (0.8), többd. Gauss újra (1.2) [12. HF]	Mom. gen. fv. (0.8), többd. Gauss újra (1.2) [12. HF]

Tételjegyzék

Valószínűségszámítás matematikusoknak és fizikusoknak, 2011 ősz

Tétel		Előadás (tanóra)	Gyakorlat (tanóra)
1.	Kombinatorikai gyorstalpaló (Maxwell-Boltzmann, Bose-Einstein is)	-	1.3
2.	Eseménytér, egy csöpp mértékelmélet	1.3	-
3.	Egyszerű állítások	0.7	-
3/a.	Szita formula	-	0.7
3/b.	Egyenlő valószínűségű események	-	2
4.	Feltételes valószínűség	0.5	0.8
4/a.	Bayes tétel	1	0.3
5.	Függetlenség, feltételes függetlenség (urnamodellek, számelméleti példák)	1.5	1.9
6.	Diszkrét valószínűségi változók	0.3	1
6/a.	Várható érték, szórás (diszkrét)	0.7	1.3
7.	Bernoulli és binomiális eloszlás	1.3	1.3
8.	Bernoulli NSZTV	1.3	-
9.	Poisson eloszlás (binomiális approximáció, Poisson-folyamat)	1.5	1.4
10.	Geometria eloszlás (örökifjúság), negatív binomiális, hipergeometria eloszlás	0.5	0.8
11.	Eloszlásfüggvény, sűrűségfüggvény (szinguláris eloszlás is)	0.5	0.8
11/a.	Várható érték, szórás (folytonos; pl.: Cauchy eloszlás)	0.5	0.4
11/b.	Eloszlások egyéb jellemzői: medián, kvantilis, módusz	0.5	0.3
12.	Egyenletes eloszlás	0.3	0.4
13.	Normális eloszlás	0.7	0.7
14.	Stirling formula	1	-
14/a.	DeMoivre-Laplace CHT (bizonyítás, alkalmazások)	1	0.3
15.	Exponenciális eloszlás	0.7	0.6
16.	Egydimenziós eloszlástranszformációk	0.3	0.4
17.	Együttes eloszlások	0.7	1.3
17/a.	Többdimenziós eloszlástranszformációk	0.5	0.2
18.	Többdimenziós Gauss	0.8	0.5
19.	Független valószínűségi változók	1	0.3
19/a.	Független valószínűségi változók összegei (konvolúció)	0.7	0.6
20.	Feltételes eloszlások	0.3	1
21.	Összegek várható értékei	0.6	1.4
22.	Kovariancia, -mátrix, szórások, Schwarz egyenlőtlenség	1.4	1.2
23.	Feltételes várható érték	1.2	0.8
23/a.	Steiner tétel (feltételes várható értékre is)	0.8	-
24.	Momentum generáló függvény	0.7	0.8
24/a.	Többdimenziós Gauss újra	-	1.2
25.	Csebisev egyenlőtlenség és NSZGYT	1.3	-
26.	Centrális határeloszlás tétel	0.7	-
27.	Nagy számok erős törvénye	1.3	-

Házi feladatok

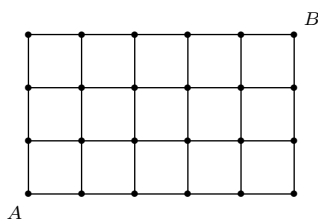
Valószínűségszámítás matematikusoknak és fizikusoknak, 2011 őszi

Minden héten van 15 db feladat, ezek közül 5...7 db pontokkal (összesen 10 ponttal) megjelölve, mindegyikük 1 (•) vagy 2 pontos (••) beadandó házi feladat. Természetesen gyakorlásképpen javasoljuk a többi feladat beadás nélküli megoldását is. Egyes heteken szerepelnek bónusz feladatok, ezek darabonként 2 pontot érnek. Függetlenül a többi feladattól ezek az adott héten minden esetben beadhatók, és mindig kijavítjuk őket. A házi feladatok beadási határideje az első oldalon szerepel.

Részpontszámokat adunk, de válaszokat csak indoklással fogadunk el. Az igazi csoportmunka hasznos, ebben az esetben is mindenki saját maga írja le a megoldást a saját szavaival (képleteivel). A passzív másolás viszont haszontalan: tapasztalatunk szerint az így szerzett házi feladat pontszámok többszörösen elvesznek ZH-kon és a vizsgán, amikor kiderül, hogy a másolt házi feladat nem hozta meg a kívánt fejlődést.

1. HF:

- 1.1 János, Jakab, József, Joli és Jenő egy együtttest alkotnak, mely öt hangszeren játszik. Ha mindegyikük tud mind az öt hangszeren játszani, hányféle elrendezés lehetséges? És ha János, Jakab és Joli mind az öt hangszeren játszhat, de József és Jenő mindketten csak dobolni és zongorázni tudnak?
- 1.2 Hányféle (esetleg értelmetlen, de különböző) szót lehet kirakni a MISSISSIPPI betűiből (mindegyik betűt pontosan egyszer felhasználva)? Hát az ABRAKADABRA szó betűiből? Mi annak a valószínűsége, hogy ha felírjuk a betűket egy-egy kártyára, akkor jól megkeverve a paklit, a két szó egymást követve, értelmesen kiolvasható lesz (abrakadabramississippi vagy fordítva)?
- 1.3 Hányféle rendszámot lehet kiadni a mai magyar rendszerben? És ha kihagynak 5 három betűs ronda szót? És a régi rendszerben (pl.: PI-47-05) hányféle rendszám volt lehetséges?
- 1.4
 - a) Hányféleképpen ülhet le egy sorban négy lány és három fiú?
 - b) Hányféleképpen ülhet le egy sorban négy lány és három fiú, hogy ha a lányok egymás mellett ülnek, és a fiúk is egymás mellett ülnek?
 - c) És ha csak a fiúk kell, hogy egymás mellett üljének?
 - d) Hányféleképpen ülhetnek le, ha azonos neműek nem ülhetnek egymás mellé?
- 1.5 •• Egy tánciskolába 12 hölgy és 13 úriember jár. Ha 6 hölgyet és 6 úriembert kell kiválasztanunk és párba rendeznünk, hányféle elrendezés lehetséges?
- 1.6 Egy társaság 8 nőből és 7 férfiból áll. Belőlük kell egy 4 nőből és 3 férfiból álló bizottságot alakítanunk. Hányféle különböző bizottság lehetséges, ha
 - a) a férfiak közül 2 nem hajlandó egy bizottságban dolgozni,
 - b) a nők közül 2 nem hajlandó egy bizottságban dolgozni,
 - c) egy nő és egy férfi nem hajlandó egy bizottságban dolgozni?
- 1.7 • Az alábbi rácson hányféleképpen lehet A -ból B -be eljutni csak jobbra vagy felfelé lépésekkel?



- 1.8 Egy árverésen 4 műgyűjtő vásárolt összesen 5 Dalit, 6 van Goghot, és 7 Picassót. Ha egy tudósító csak annyit jegyez fel, hogy melyik gyűjtő hány Dalit, van Goghot, és Picassót vásárolt, akkor hányféle különböző feljegyzés születhet?
- 1.9 •• Apukámmal fagyizni megyünk. Én három, ő négygombócos fagyikelyhet eszik. Hányféle fagyikehely állítható össze nekem, és hányféle neki, ha a Zsitvay cukrászdában kondérban tárolják a fagyit, ezért mindig csak hétféle van: puncs, csoki, vanília, gesztenye, őszibarack, eper, fahéj?
- 1.10 a) Tekintsük a következő kombinatorikus azonosságot:

$$\sum_{k=1}^n k \binom{n}{k} = n \cdot 2^{n-1}.$$

Adjunk egy *részletes* kombinatorikai érvelést a fenti egyenlőség igaz voltára olymódon, hogy n emberből kiválasztunk egy tetszőleges létszámú bizottságot és annak elnökét, illetve az elnököt és hozzá a bizottságot.

b) Ellenőrizzük a

$$\sum_{k=1}^n k^2 \binom{n}{k} = n(n+1) \cdot 2^{n-2}$$

azonosságot $n = 1, 2, 3, 4$ esetén. Ismét adjunk *részletes* kombinatorikai érvelést az azonosságra: n emberből válasszunk egy tetszőleges méretű bizottságot, annak elnökét és titkárát (ez a kettő lehet egy személy is), illetve

- válasszunk egy elnököt, aki egyben a titkár is lesz, majd a bizottság többi tagját,
- válasszunk egy elnököt, egy tőle különböző titkárt, majd a bizottság többi tagját.

c) A fentiekhez hasonlóan mutassuk meg, hogy

$$\sum_{k=1}^n k^3 \binom{n}{k} = n^2(n+3) \cdot 2^{n-3}.$$

1.11 •• Egy 100 000 lakosú városban három újság jelenik meg: I, II, és III. A városlakók következő aránya olvassa az egyes újságokat:

I: 26%	I és II: 6%	I és II és III: 2%
II: 18%	I és III: 9%	
III: 22%	II és III: 5%	

(Azaz például 6000 ember olvassa az I és II újságokat (közülük 2000 a III újságot is).)

- a) Határozzuk meg hányan nem olvassák a fenti újságok egyikét sem.
- b) Hányan olvasnak pontosan egy újságot?
- c) Hányan olvasnak legalább kettő újságot?
- d) Ha I és III reggeli újságok és II egy esti újság, akkor hányan olvasnak legalább egy reggeli újságot plusz egy esti újságot?
- e) Hányan olvasnak pontosan egy reggeli újságot plusz egy esti újságot?

1.12 •

a) Legyen A és B két esemény. Bizonyítsuk be, hogy

$$\text{ha } \mathbf{P}\{A\} \geq 0.8 \text{ és } \mathbf{P}\{B\} \geq 0.6, \text{ akkor } \mathbf{P}\{A \cap B\} \geq 0.4.$$

b) Bizonyítsuk be, hogy tetszőleges $A_1, A_2, \dots, A_n$ eseményekre fennáll a következő egyenlőtlenség:

$$\mathbf{P}\{A_1 \cap A_2 \cap \dots \cap A_n\} \geq \mathbf{P}\{A_1\} + \mathbf{P}\{A_2\} + \dots + \mathbf{P}\{A_n\} - (n-1).$$

1.13 •• n golyót helyezünk véletlen módon k urnába. Mi a valószínűsége, hogy *pontosan* egy urna marad üres, ha

- a) a golyók megkülönböztethetők,
- b) a golyók megkülönböztethetetlenek?

1.14 Egy sportklubban 36-an teniszeznek, 28-an fallabdáznak, 18-an tollasoznak összesen. 22-en teniszeznek és fallabdáznak, 12-en teniszeznek és tollasoznak, 9-en fallabdáznak és tollasoznak. 4-en mindhárom sportot űzik. Hányan játszanak legalább egy ilyen labdasportot?

1.15 Egy régi vágású színházban a fogasra akasztják az érkező urak a kalapjaikat. Kifelé menet minden úr véletlenszerűen levesz egy kalapot a fogasról, és távozik.

- a) Mi annak a valószínűsége, hogy senki nem megy haza a saját kalapjában?
- b) Mi annak a valószínűsége, hogy pontosan k ember megy haza a saját kalapjában?

2. HF:

2.1 •• 8 bástyát véletlenszerűen elhelyezünk a sakktáblán. Mi a valószínűsége, hogy egyik sem üti a másikat (azaz semelyik sor és semelyik oszlop nem tartalmaz egynél több bástyát)?

2.2 • Egy közösségben 20 család van: 5 családban egy gyerek van, 7 családban kettő, 4 családban három, 3 családban négy, 1 családban öt.

- a) Ha egy családot véletlenszerűen kiválasztunk, mi a valószínűsége, hogy abban a családban i gyerek van, $i = 1, 2, 3, 4, 5$?
- b) Ha egy gyereket véletlenszerűen kiválasztunk, mi a valószínűsége, hogy ő egy i gyerekes családból jött, $i = 1, 2, 3, 4, 5$?

- 2.3 •• Aladár és Béla beszállnak egy liftbe egy tíz emeletes ház földszintjén. Feltéve, hogy semmi közük egymáshoz, és mindketten teljesen egyenletesen választanak emeletet, mi a valószínűsége, hogy Aladár magasabbra megy mint Béla?
- 2.4 Egy urnában 3 piros és 6 fekete golyó van. A és B visszatevés nélkül felváltva húznak az urnából egészen addig, amikor először piros golyó kerül elő. Ha A húzott először, mi a valószínűsége, hogy ő húz először piros golyót?
- 2.5 • Egy erdőben 18 őz lakik, közülük 5 meg van jelölve. Ha véletlenszerűen 4-et befognak, mi a valószínűsége, hogy a befogottak közül pontosan 2 megjelölt lesz?
- 2.6 Egy kisvárosban pontosan négy TV-szerelő dolgozik. Egy napon négyen hívnak szerelőt. Mi a valószínűsége, hogy pontosan i szerelő kap hívást $i = 1, 2, 3, 4$?
- Bónusz: Egy kisvárosban n TV-szerelő dolgozik. Egy napon k helyre hívnak szerelőt. Mi a valószínűsége, hogy pontosan i szerelő kap hívást $i = 1, 2, \dots, n$?
- 2.7 Hat ember, név szerint A, B, C, D, E, F , egy sorba ülnek véletlenszerűen. Mi a valószínűsége, hogy A és B között pontosan i ember ül, $i = 0, 1, 2, 3, 4$?
- 2.8 Jelölje f_n azt a számot, ahány n hosszú fej-írás sorozat van úgy, hogy nincs bennük egymás utáni két fej. Jelölje P_n ennek az eseménynek a valószínűségét szabályos érmedobás esetén.
- a) Mutassuk meg, hogy $n \geq 2$ -re $f_n = f_{n-1} + f_{n-2}$, ahol $f_0 = 1, f_1 = 2$. (Hány ilyen sorozat indul fejfel, és hány írással?)
- b) Határozzuk meg P_n -t f_n segítségével, és ezek alapján számoljuk ki P_{10} értékét.
- 2.9 Egy urnában van 6 piros, 6 fehér, és 7 kék golyó. Ötöt visszatevés nélkül húzva mi a valószínűsége, hogy mindhárom színű golyót húztunk?
- 2.10 •• Anna, Bori és Cili egyforma erejű ping-pong játékosok. A következő módon játszanak: Anna és Bori méri először össze az erejüket. Ezután a vesztes kiáll és a várakozó Cili áll be a helyére, hogy összemérje tudását az előző nyertessel... Minden egyes meccs után a vesztes átadja a helyét a várakozónak. Folytatják ezt mindaddig, amíg valamelyikük kétszer egymás után nem nyer és a körmérkőzés győztesévé van kikiáltva. Írjuk le a körmérkőzés eseményterét. Az n páros csata után véget érő sorozatok valószínűsége legyen 2^{-n} . (Miért?) Mi a valószínűsége annak, hogy Anna, ill. Bori, ill. Cili nyeri a körmérkőzést?
- 2.11 Anna, Bori és Cili most érmét dobálnak, felváltva egymás után, Anna kezd, majd Bea dob, aztán Cili, majd megint Anna, és így tovább. Csinálják ezt mindaddig, míg valaki fejet dob.
- a) Írjuk le az eseményteret!
- b) Írjuk le az alábbi eseményeket az eseménytéren: $A = \{ \text{Anna nyer} \}, B = \{ \text{Bori nyer} \}, (A \cup B)^c$!
- 2.12 A lóversenyen 7 ló indul. Jelölje C azt az eseményt, hogy Csillag az első három hely valamelyikén ér be, R pedig azt, hogy Ráró a 2. helyen végez. Mennyi $C \cup R$ valószínűsége? Hány elemi eseményt tartalmaz $C \cup R$?
- 2.13 Kiosztunk egy pakli jól megkevert franciakártyát. Mi a valószínűsége, hogy
- a) a pikk ász a 14. kiosztott lap?
- b) az első kiosztott ász a 14.-ként kiosztott lap?
- c) az első négy lap különböző színű?
- d) az első négy lap különböző figurájú?
- 2.14 Van két kockánk, amiket azonos módon színeztünk ki: két lapot pirosra, kettőt zöldre, egyet pedig sárgára, a maradék fehér. Ha feldobjuk őket egyszerre, mi a valószínűsége, hogy ugyanolyan színűre esnek? Mi a valószínűsége annak, hogy az első két feldobásra különböző színűek lesznek, majd harmadszorra ugyanolyanok?
- 2.15 •• Mi a valószínűsége, hogy 20 véletlenül kiválasztott ember születési hónapjait tekintve, az év hónapjai közül pontosan 4 lesz, melyben pontosan ketten születtek, és másik 4 hónap, melyben pontosan hárman születtek? (Az egyszerűség kedvéért tegyük fel, hogy mindenki, egymástól függetlenül, egyforma, $1/12$ eséllyel születik az év bármelyik hónapjában!)
- 2.16 6 férfit és 6 nőt véletlenszerűen két csoportba osztunk. Mi a valószínűsége, hogy a két csoportban 3-3 nő, illetve férfi lesz?
- Bónusz: Egy szekrényben n pár cipő van. Véletlenszerűen kiválasztunk $2r$ cipőt ($2r \leq n$). Mi a valószínűsége annak, hogy a kiválasztott cipők között
- a) nincsen teljes pár,
- b) pontosan egy teljes pár van,
- c) pontosan két teljes pár van?

3. HF:

- 3.1 • Három kockát feldobunk. Feltéve, hogy a dobott számok között nincs két egyforma, mennyi a valószínűsége annak, hogy legalább az egyikén hatos van?
- 3.2 Egy piros, egy kék, és egy sárga szabályos kockával dobunk. Legyen az általuk mutatott három szám rendre P, K, S .
- Mi a valószínűsége, hogy mindhárom dobás különböző?
 - Feltéve, hogy mindhárom dobás különböző, mi a valószínűsége, hogy $P < K < S$?
 - Mennyi $P\{P < K < S\}$?
- 3.3 **a)** Én kétgyerekes családból származom. Mi a valószínűsége, hogy a testvérem lány?
b) A király kétgyerekes családból származik. Mi a valószínűsége, hogy a testvére lány?
- 3.4 •• Két golyó mindegyike egymástól függetlenül $1/2$ - $1/2$ valószínűséggel feketére vagy aranyszínűre lett festve, majd egy urnába helyezték őket.
- Tegyük fel, hogy tudomásunkra jut, hogy az aranyszínű festéket használták, azaz legalább az egyik golyó aranyszínű lett. Ekkor mi a feltételes valószínűsége, hogy mindkét golyó aranyszínű?
 - Most tegyük fel, hogy az urna megbillent, az egyik golyó kigurult belőle, és azt látjuk, hogy ez a golyó aranyszínű. Ekkor mi a valószínűsége, hogy mindkét golyó aranyszínű?
- Magyarázzuk meg a válaszunkat.
- 3.5 • Három szakács, A, B és C , egy speciális süteményt sütnek, melyek azonban sajnos rendre $0.02, 0.03, 0.05$ valószínűséggel nem kelnek meg rendesen a három szakács keze alatt. Az étteremben ahol dolgoznak, A süti a sütemények 50% -át, B a 30% -át, C pedig a 20% -át. A rossz sütemények hány százalékát sütötte A ?
- 3.6 Egy első- és másodévesek által látogatott tárgyat 8 elsőéves fiú, 6 elsőéves lány, 4 másodéves fiú vett fel. Hány másodéves lány vette fel a tárgyat, ha tudjuk, hogy egy, a tárgy hallgatói közül véletlenül választott hallgató neme és évfolyama független egymástól?
- 3.7 Egy genetikai rendellenesség a magzatok fél százalékát érinti. Egy „megbízhatónak számító” diagnosztikai eljárás a meglévő rendellenességet biztosan detektálja, míg rendellenesség hiányában 95% valószínűséggel a helyes negatív választ adja, 5% valószínűséggel pedig a hibás pozitív választ. Ha az eljárás eredménye pozitív, mi a valószínűsége, hogy magzatunknak tényleg megvan a rendellenessége?
- 3.8 •• Tegyük fel, hogy szabályos fej-írás dobást szeretnénk generálni, de csak egy cinkelt érme áll rendelkezésünkre, amely általunk ismeretlen p valószínűséggel mutat fejet. Tekintsük a következő eljárást.
- Feldobjuk az érmét.
 - Megint feldobjuk az érmét.
 - Ha mindkét dobás eredménye fej, vagy mindkét dobás eredménye írás, akkor újrakezdjük az első lépéssel.
 - Ha viszont a két dobás eredménye különböző, akkor az utolsó eredmény lesz az algoritmus kimenete.
- Mutassuk meg, hogy az algoritmus egyforma valószínűséggel szolgáltat fejet vagy írást.
 - Lehetne-e úgy egyszerűsíteni az eljárást, hogy addig dobjuk az érmét, amíg két egymást követő dobás különböző lesz, és az utolsó dobást tekintjük?
- 3.9 • Egy n elemű halmazból az A és B véletlen részhalmazokat egymástól függetlenül egyenletes eloszlással választjuk ki a 2^n lehetséges részhalmaz közül.
- Mutassuk meg, hogy $P\{A \subseteq B\} = \left(\frac{3}{4}\right)^n$. (Tipp: tekintsük az eredeti halmaz minden egyes elemét.)
 - Mutassuk meg, hogy $P\{A \cap B = \emptyset\} = \left(\frac{3}{4}\right)^n$.
- 3.10 • Egy szabályos érmét kétszer feldobunk. Legyen A az az esemény, hogy az első dobás eredménye fej, B az az esemény, hogy a második dobás eredménye fej, és C az az esemény, hogy a két dobás eredménye egyezik. Mutassuk meg, hogy A, B és C páronként függetlenek, de nem függetlenek.
- 3.11 Az időjárás-előrejelzés egyszerű modelljeként tegyük fel, hogy az idő vagy esős, vagy napos, és p annak a valószínűsége, hogy holnap ugyanolyan lesz mint ma, a korábbi napoktól függetlenül. Ha az idő napos január elsején, legyen P_n annak valószínűsége, hogy n nap múlva szintén napos. Mutassuk meg, hogy P_n kielégíti a

$$P_n = (2p - 1)P_{n-1} + (1 - p), \quad n \geq 1; \quad P_0 = 1$$

rekurziót. Bizonyítsuk be, hogy $P_n = \frac{1}{2} + \frac{1}{2}(2p - 1)^n$ minden $n \geq 0$ esetén.

Bónusz: Egy vadász 30 méter távolságban felfedez egy rókát és rálő. Ha a róka ezt túléli, akkor 10 m/s sebességgel próbál menekülni. A vadász 3 másodpercenként újratölt és lő a rókára, mindaddig, amíg meg nem öli, vagy (szerencsés esetben) a róka el nem tűnik a látóhatáron. A vadász találati valószínűsége a távolság négyzetével fordítottan arányos, a következő képlet szerint:

$$P\{\text{a vadász eltalálja az } x \text{ méter távolságban levő rókát}\} = 675x^{-2} \quad (x \geq 30).$$

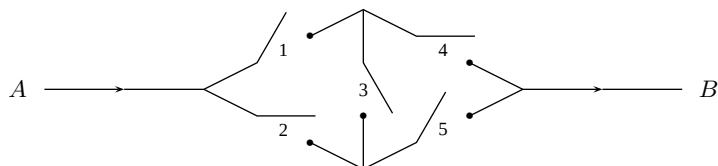
Ha találat is éri a rókát, nem biztos, hogy fatális: az egyes találatokat (függetlenül azok számától) a róka $1/4$ valószínűséggel túléli. Mi a valószínűsége annak, hogy a róka túléli ezt a kellemetlen kalandot?

Megjegyzés: A feladatot nyilván matematikusok találták ki matematikus diákoknak. Miért rossz modellje ez a rókavadászatnak?

- 3.12 Iszákos Iván a nap $2/3$ részét kocsmában tölti. Mivel a faluban 5 kocsmában van, és Iván nem válogatós, azonos eséllyel tartózkodik bármelyikben. Egyszer elindulunk, hogy megkeressük. Négy kocsmát már végigjártunk, de nem találtuk. Mi a valószínűsége annak, hogy az ötödikben ott lesz?
- 3.13 Móricka és Pistike pingpongoznak. Minden játszmát a többitől függetlenül Móricka p , Pistike pedig q valószínűséggel nyer meg, ahol $p > 0$, $q > 0$ és $p + q = 1$. A játék akkor ér véget, ha valaki két egymás utáni játszmát megnyer.
- Mi a valószínűsége, hogy Móricka nyeri az utolsó játszmát?
 - Mi a valószínűsége, hogy ugyanaz nyeri az első játszmát, mint az utolsót?
 - Ha tudjuk, hogy az utolsó játszmát Móricka nyerte, mennyi a valószínűsége, hogy az első is?
- 3.14 Egy televíziós vetélkedőben a játékosnak három ajtó közül kell választania, és a mögötte elrejtett nyereményt kapja jutalmul. Az egyik ajtó mögött egy luxusautó található, a másik kettő mögött pedig egy-egy kecske. Mikor a játékos kiválasztott egyet a háromból, a játékvezető a másik két ajtó közül kinyit egyet, ami mögött kecske van, és felajánlja, hogy a játékos még megváltoztathatja a döntését. Érdemes-e áttérni a másik ki nem nyitott ajtóra? Mekkora valószínűséggel nyerjük meg így az autót?
- 3.15 n dobozban elhelyezünk N golyót úgy, hogy mind az n^N elhelyezés egyenlően valószínű. Feltéve, hogy egy adott dobozba esik golyó, mennyi a valószínűsége annak, hogy K golyó esik bele?
- 3.16 •• Aladár, Béla, Cili és Dömötör hazudósok: átlagosan az esetek $2/3$ -ában hazudnak mind a négyen, egymástól függetlenül, véletlenszerűen.
Aladár azt állítja, hogy Béla tagadja, hogy Cili azt mondta, hogy Dömötör hazudott.
 Mi a valószínűsége annak, hogy Dömötör igazat mondott? (Feltételezzük, hogy Aladár tudja, hogy mit mindott Béla, Béla tudja, hogy mit mindott Cili, Cili tudja, hogy mit mindott Dömötör. Továbbá, hogy Cili azt is el tudja dönteni, hogy Dömötör hazudott-e vagy sem.)
- 3.17 Adott egy (végtelen térfogatú) urnánk és végtelen sok, az $\mathbb{N}^+ = \{1, 2, 3, \dots\}$ elemeivel számozott, golyónk. Az urna eredetileg üres. Éjfél előtt egy perccel fogjuk az $1, 2, \dots, 10$ számú golyókat, behelyezzük őket az urnába, az urnát jól összerázzuk, majd véletlenszerűen kihúzzunk az urnából egy golyót, amit elhajítunk. Éjfél előtt fél perccel fogjuk a $11, 12, \dots, 20$ számú golyókat, behelyezzük őket is az urnába, az urnát jól összerázzuk, majd véletlenszerűen kihúzzunk az urnából egy golyót, amit elhajítunk. Éjfél előtt 2^{-n} perccel fogjuk az $10n + 1, 10n + 2, \dots, 10(n + 1)$ számú golyókat, behelyezzük őket is az urnába, az urnát jól összerázzuk, majd véletlenszerűen kihúzzunk az urnából egy golyót, amit elhajítunk. És ezt így folytatjuk éjfélig. Bizonyítandó, hogy éjfélkor az urna 1 valószínűséggel üres lesz.
 (Tipp: Analízisből tudjuk, hogy ha $0 < \varepsilon_n < 1$ minden n -re, akkor $\prod_{n=1}^{\infty} (1 - \varepsilon_n) > 0$ pontosan akkor, ha $\sum_{n=1}^{\infty} \varepsilon_n < \infty$.)

4. HF:

- 4.1 •• Alább egy áramkör, ahol mindegyik kapcsoló egymástól függetlenül $1/2 - 1/2$ valószínűséggel van nyitva vagy zárva.



Mi a valószínűsége, hogy A -tól B -ig áram folyhat ezen az áramkörön? (Ezért itt külön nem jár pont, de érdekes: válaszoljunk számolás nélkül is, szimmetriák segítségével! (Persze ha valaki ezt helyesen megcsinálja és nem számol, az is teljes értékű megoldás.))

- 4.2 • 50 százalék az esélye, hogy a királynő hordozza a hemofíliáért felelős gént. Ha hordozó, akkor mindegyik hercegnek 50-50 százalék az esélye arra, hogy hemofíliás legyen. Ha a királynő három fia nem hemofíliás, mekkora az esélye annak, hogy a királynő hordozó? Ha születik egy negyedik herceg is, mekkora az esélye annak, hogy hemofíliás lesz?
- 4.3 •• 5 férfit és 5 nőt rangsorolnak egy vizsgán. Tegyük fel, hogy nincs két egyforma pontszám, és mind a 10! elrendezés egyformán valószínű. Legyen X a legjobb nő helyezése (például $X = 1$ azt jelenti, hogy a legjobb vizsgázó egy nő). Határozzuk meg X eloszlását és várható értékét.
- 4.4 Öt játékos, A, B, C, D, E között véletlenszerűen szétosztjuk a számokat 1-től 5-ig, ismétlődés nélkül. Először A és B mérkőzik: akinek magasabb a száma, továbbjut. Az így továbbjutó most C -vel mérkőzik, azután a közülük továbbjutó D -vel, majd az itt nyertes E -vel. Legyen X az a szám, ahány mérkőzést A nyer. Határozzuk meg X eloszlását.
- 4.5 •• Egy családban $n \geq 1$ gyermek αp^n valószínűséggel van, ahol $\alpha \leq (1 - p)/p$.
- A családok hányadrésében nincs gyermek?
 - Ha a gyermekek egymástól függetlenül egyforma eséllyel fiúk és lányok, akkor a családok hányadrésében lesz pontosan k fiú (és tetszőleges számú lány)?

Bónusz: Hamis érmével dobunk, de nem tudjuk, hogy mennyire torzít az érme. Előzetesen annyit elárult nekünk a torz-érme gyár, hogy egyenletesen torzítják az érmeket, vagyis mindenféle $p \in [0, 1]$ egyenletesen fordul elő. Az első írást n -szerre dobtuk (addig csupa fejet). Mit tippelünk, mekkora a p ? (Mi a legvalószínűbb p ?) Alulról illetve felülről (0-tól c -ig illetve c -től 1-ig) mekkora intervallumnak van már elég nagy (mondjuk 0.95-ös) valószínűsége, hogy oda esik a p ?

- 4.6 Az α kockának 4 piros és 2 fehér, míg a β kockának 2 piros és 4 fehér lapja van. Feldobunk egy érmét. Ha fej a dobás eredménye, akkor a továbbiakban az α kockát használjuk, ha pedig írás akkor a β -t. Az így kiválasztott kockával egymásután n -szer dobunk.
- Mi annak a valószínűsége, hogy a k -adik dobásnál az eredmény piros? ($k = 1, 2, \dots, n$)
 - Feltéve, hogy mind az első $k - 1$ kockadobás eredménye piros, mi annak a valószínűsége, hogy a k -adik dobás eredménye is piros lesz? ($k = 1, 2, \dots, n$)
- 4.7 •• Egy ketyere két különböző okból romolhatott el. Az első ok ellenőrzése E_1 forintba kerülne, és ha valóban az a probléma, akkor a javítása J_1 forint. Hasonlóan, a második ok ellenőrzése E_2 forintba kerül, és ha az a probléma, akkor a javítás J_2 forint. (Ha viszont az először ellenőrzött oknál nincs probléma, akkor a másik lehetséges okot először ellenőriznünk kell, majd javítanunk.) Legyen p és $1 - p$ annak valószínűségei, hogy a ketyere az első illetve a második okból romlott el. Határozzuk meg, mely E_1, E_2, J_1, J_2, p értékek mellett érdemesebb várhatóan az első okkal kezdeni az ellenőrzést, és melyeknél a második okkal.
- 4.8 A Magyar Etikett Intézet felmérése szerint Magyarországon a fiúk két kategóriába oszthatóak: 2/3-uk udvarias, 1/3-uk udvariatlan. Az udvarias fiúk az esetek 90%-ában engedek előre a lányokat az ajtóban, az udvariatlanok viszont csak az esetek 20%-ában. Láttam, hogy Jancsi előre engedte Juliskát, Jutkát viszont nem.
- Mennyi annak a valószínűsége, hogy Jancsi az udvariatlan kategóriába tartozik?
 - Mennyi annak a valószínűsége, hogy ezek után Jancsi Erzsit is előre fogja engedni?

- 4.9 Sárkányföldön az n fejű sárkány

$$p_n = \binom{6}{n-1} \cdot 0.7^{n-1} \cdot 0.3^{7-n}$$

valószínűséggel fordul elő ($n = 1, 2, \dots, 7$). Egy sárkány fejeinek levágása veszélyes művelet: az ember minden fejét egymástól függetlenül 90% eséllyel tudja levágni, és ha ez nem sikerül, akkor a sárkány megeszi az embert.

- Elém kerül egy sárkány, de a nagy ködben nem látom, hogy hányfejű. Mi az esélye, hogy túléltem a találkozást?
 - Tegyük fel, hogy épp most vágtam le a hatodik fejét, de még mindig nem látom, hogy maradt-e feje. Ilyen helyzetből mekkora valószínűséggel élem túl a harcot?
 - Csata után találkozom a cimborámmal, aki szintén legyőzött egy sárkányt. Ezt figyelembe véve mi a valószínűsége, hogy hétfejűvel volt dolga?
- 4.10 Két dobókockát dobálunk, és mindig az összeget tekintjük.
- Addig dobunk, míg a két kockán lévő pöttyök összege 7 nem lesz. Mi a valószínűsége, hogy nem dobtunk előtte 11-et?
 - Most addig dobunk, míg a dobott összeg 7 vagy 11 nem lesz. Mi a valószínűsége, hogy amikor megállunk, 7 az összeg?

- c) Lássuk be, hogy a dobások száma a b) feladatban és az, hogy mennyi az összeg megálláskor, függetlenek.
- 4.11 Amerikában egy esküdtszék elítéli a vádlottat, ha a 12 esküdtből legalább 8 bűnösnek szavazza a vádlottat. Ha minden esküdt θ valószínűséggel dönt helyesen, akkor mi a valószínűsége a helyes döntésnek? Tegyük fel, hogy a vádlott p valószínűséggel bűnös valójában.
- 4.12 • Kaszinóban az alábbi játékot játszuk: Minden lépésben fogadunk előre az $i = 1, 2, \dots, 6$ számok valamelyikére, majd feldobnak 3 kockát. Ahányszor kijött a fogadott számunk, annyi petákot kapunk, ellenben fizetnünk kell 1 petákot, ha egyszer sem jött ki a fogadott szám. Fair-e a játék?
- 4.13 Egy n komponensű rendszer alkatrészei egymástól és a múltjuktól is függetlenül minden nap p valószínűséggel meghibásodnak, de ezeket esténként kijavítjuk. A rendszer leáll, ha legalább k alkatrész meghibásodott. Mi annak a valószínűsége, hogy először a t . napon áll le a rendszer?
- 4.14 Pólya urna: Egy urnában kezdetben a piros és b kék golyó van. Minden egyes lépésben kihúzzunk egy golyót, megnézzük, milyen színű, majd őt és egy vele megegyező színű golyót visszateszünk. (Vagyis a golyók száma az urnában minden lépésben eggyel nő). A t . lépéskor mi annak a valószínűsége, hogy kék golyót húzzunk?

5. HF:

- 5.1 • 4 buszon összesen 148 tanuló utazik. Az egyes buszok rendre 40, 33, 25 és 50 tanulót szállítanak. Válasszunk ki véletlenszerűen egy tanulót; ekkor jelölje X azt, hogy hány tanuló utazik azon a buszon, amelyik a kiválasztott tanulót szállítja. Válasszunk véletlenszerűen egy sofőrt. Y jelölje azt, hogy a sofőr buszán hány tanuló utazik.
- a) Mit gondolunk, X vagy Y várható értéke nagyobb? Miért?
- b) Számoljuk ki $E(X)$ -et és $E(Y)$ -t!
- c) Számoljuk ki $D^2(X)$ -et és $D^2(Y)$ -t is!
- 5.2 Véletlenszerűen elhelyezünk egy huszárt egy üres sakktáblára. Mennyi a lehetséges lépései számának a várható értéke?
- 5.3 A és B a következő játékot játssza: A gondol 1-re vagy 2-re, ezt leírja, majd B -nek ki kell találnia, melyik számra gondolt A . Ha az A által leírt szám i és B jól tippelt, akkor B i egységet kap A -tól. Ha B melléfog, akkor ő fizet A -nak $\frac{3}{4}$ -t. Ha B randomizálja tippjét, azaz p valószínűséggel tippel 1-re és $1-p$ valószínűséggel 2-re, határozzuk meg nyereménye várható értékét, amennyiben
- a) az A által leírt szám az 1,
- b) az A által leírt szám a 2.
- Milyen p érték maximalizálja B minimális várható nyereményét, és mi ez a maximin érték? (Figyeljük meg, hogy B várható nyereménye nem csak p -től függ, hanem attól is, hogy mit csinál A .) Tekintsük most az A játékost. Tegyük fel, hogy ő is randomizálja a döntését, és q valószínűséggel gondol 1-re. Mennyi A várható vesztesége,
- a) ha B 1-re tippel, ill.
- b) ha B 2-re tippel?
- Mely q értékkel tudja A minimalizálni a maximális várható veszteségét? Mutassuk meg, hogy A maximális várható veszteségének minimuma egyenlő B minimális várható nyerésének maximumával! Ezt az eredményt hívják minimax tételnek, ami a játékelmélet egyik alapvető eredménye, és általánosan először Neumann János fogalmazta meg. A közös értéket a játék értékének hívják (B számára).
- 5.4 •• Egy gép véletlenszerűen választ 1 és 10 közötti számot, amit nekünk kell kitalálni, úgy, hogy kérdéseket teszünk fel, amire a gép igennel vagy nemmel válaszol. Számoljuk ki, várhatóan hány kérdést kell a gépnek feltennünk,
- a) ha csak rákérdezhetünk, azaz azt kérdezzük, hogy „A gondolt szám i ?” $i = 1, 2, \dots, 10$, illetve
- b) ha kérdéseinkkel mindig megpróbáljuk megfelezni a fennmaradó lehetséges számok körét.
- 5.5 (Szentpétervári paradoxon) Egy érmevel addig dobunk, míg a fej oldalára nem esik. Ha az n -edik feldobás eredménye fej, akkor a játékos 2^n forintot nyer. Mutassuk meg, hogy a nyeremény várható értéke végtelen!
- a) Megéri-e egy játékért 1 millió forintot fizetni?
- b) Megéri-e játékonként 1 millió forintot fizetni, ha annyiszor játszunk, ahányszor csak akarunk, és csak az összes játék befejezése után van elszámolás?
- 5.6 Minden este több különböző meteorológus jóslja meg, mekkora valószínűséggel fog holnap esni az eső. Hogy megítéljük, mennyire jók a meteorológusok, a következőképpen pontozzuk őket: ha egy meteorológus p valószínűséggel jóslt esőt, akkor

$$\frac{1 - (1 - p)^2}{1 - p^2} \quad \begin{array}{l} \text{pontot kap, ha valóban esik másnap,} \\ \text{pontot kap, ha nem esik.} \end{array}$$

Ezek után egy rögzített időszakban mérjük az egyes meteorológusok átlagpontszámát, és a legjobb előrejelző a legmagasabb pontszámot kapott meteorológus lesz. Tegyük fel, hogy az egyik meteorológus tudja ezt, és maximalizálni szeretné átlagát. Ha azt gondolja, hogy p^* valószínűséggel fog esni holnap, mekkora p értéket érdemes jelentenie?

- 5.7 • Egy embernek n kulcsa van, amelyek közül egyetlen egy nyit egy bizonyos ajtót. Emberünk véletlenszerűen próbálkozik a kulcsokkal mindaddig, amíg rá nem talál a megfelelő kulcsra. Határozzuk meg a próbálkozások számának várható értékét, ha
- a sikertelen kulcsokat nem zárja ki a további próbálkozások során (visszatevéses húzások),
 - a sikertelen kulcsokat kizárja a további próbálkozások során (visszatevés nélküli húzások).
- 5.8 Egymás után tízszer dobunk egy szabályos érmével. Legyen X az egymás utáni egyforma kimenetelekből álló sorozatok száma, vagyis pl. csupa fej esetén $X = 1$, a $FFIIIIFFIFF$ sorozatnál pedig $X = 5$. Határozzuk meg X eloszlását.
- 5.9 •• Egy csütörtöki buliba az n meghívott mindegyike a többiekétől függetlenül $1/2$ valószínűséggel jön el. Mennyi a valószínűsége, hogy a meghívottak legalább fele eljön? És, ha a hónap négy csütörtökjén szervezek bulit, mennyi annak a valószínűsége, hogy lesz legalább kettő, amin elegenden leszünk (azaz a meghívottak legalább fele eljön)?
- 5.10 •• Két kockával (egyik piros, másik zöld) dobva, mennyi a dobott számok maximumának ill. minimumának várható értéke? Dobtam a két kockával, háromszor: az egyik kockát, a pirosat mindig meglestem, hihetetlen, de mindháromszor 3-as szerepelt rajta. Mi a valószínűsége, hogy legalább egyszer nagyobb volt, mint a zöldön lévő, éppen akkor dobott szám?

Bónusz: n darab k -lapú „kockával” dobva mennyi a dobott számok maximumának ill. minimumának várható értéke?

- 5.11 a) Kétszer dobunk egy hamis érmével, amin a fej valószínűsége $5/9$. Jelölje X a fej dobások számát. Számoljuk ki X várható értékét és szórását!
- b) Háromszor dobunk egy hamis érmével, amin a fej valószínűsége $2/3$. Jelölje U azt a számot, ahányszor sikerül az előző dobást megismételni. (Így U értéke 0, 1 vagy 2 lehet.) Számoljuk ki U várható értékét és szórását!
- 5.12 Legyen $\mathbf{E}(X) = 1$ és $\mathbf{D}^2(X) = 5$, számoljuk ki
- $\mathbf{E}(2 + X)^2$ -t
 - $\mathbf{D}^2(4 + 3X)$ -t.
- 5.13 N egy nemnegatív egész értékű valószínűségi változó. Mutassuk meg, hogy

$$\mathbf{E}(N) = \sum_{i=1}^{\infty} \mathbf{P}(N \geq i).$$

(Tipp: $\sum_{i=1}^{\infty} \mathbf{P}(N \geq i) = \sum_{i=1}^{\infty} \sum_{k=i}^{\infty} \mathbf{P}(N = k)$. És most szummacsere!)

- 5.14 •• N egy nemnegatív egész értékű valószínűségi változó. Mutassuk meg, hogy

$$\sum_{i=1}^{\infty} i \mathbf{P}(N > i) = \frac{1}{2} (\mathbf{E}(N^2) - \mathbf{E}(N)).$$

- 5.15 Egy m családból álló közösségben n_i családban van i gyerek ($\sum_{i=1}^r n_i = m$). Legyen X egy véletlenszerűen választott családban a gyerekek száma. Válasszunk ki véletlenszerűen a $\sum_{i=1}^r i n_i$ gyerek közül egyet; jelölje Y azt, hogy a kiválasztott gyerek családjában hány gyerek van. Mutassuk meg, hogy $\mathbf{E}(Y) \geq \mathbf{E}(X)$.

6. HF:

- 6.1 • Tegyük fel, hogy repülés közben egy repülőgép motorjai egymástól (teljesen) függetlenül $1 - p$ valószínűséggel hibásodnak meg. Ha egy repülőnek a repüléshez a motorjainak legalább felére van szüksége, milyen p értékekre biztonságosabb egy ötmotoros repülőgép, mint egy hárommotoros?
- 6.2 Legyen X Binom(n, p) eloszlású valószínűségi változó. Milyen p értékre lesz maximális $\mathbf{P}\{X = k\}$, $k = 0, 1, \dots, n$? Ez arra példa, hogy a statisztikában hogyan becsülik meg p értékét, ha egy Binom(n, p) eloszlású valószínűségi változó megfigyelt értéke k . Ha feltesszük, hogy n ismert, akkor p -t azzal a $\hat{p}$ értékkel becsüljük, amire $\mathbf{P}\{X = k\}$ maximális. Ezt a módszert hívják **maximum likelihood** becslésnek.

- 6.3 •• 6-szor feldobunk egy hamis pénzérmét, ami 70% valószínűséggel ad fejet. Ha tudjuk, hogy összesen 3-szor lett fej az eredmény, mi a valószínűsége, hogy
- az első dobás fej;
 - az első 3 eredmény rendre F, I, I (azaz az első fej, a második és a harmadik írás);
 - az első 3 eredmény rendre I, F, I ;
 - az első 3 eredmény rendre I, I, I volt?

- 6.4 Egy bulvárlapban oldalanként várhatóan 0.2 nyomtatási hiba van. Mi a valószínűsége annak, hogy a következő oldalon

- 0,
- 2 vagy több hiba van?

Indokoljuk a választ!

- 6.5 •• Egy államban az öngyilkossági ráta 1 öngyilkosság per 100 000 lakos per hónap. Vizsgáljuk meg az állam egy 300 000 lakosú városát!

- Mi a valószínűsége annak, hogy egy adott hónapban legalább 7 ember lesz öngyilkos?
- Mi a valószínűsége annak, hogy egy adott évben legalább 2 hónapban lesz legalább 7 öngyilkosság?
- Legyen a mostani hónap az 1., mi a valószínűsége annak, hogy először az i . hónapban lesz legalább 7 öngyilkosság? ($i \geq 1$)

Milyen feltevésekkel élünk?

- 6.6 Legyen X λ paraméterű Poisson eloszlású valószínűségi változó. Mutassuk meg, hogy $\mathbf{P}\{X = i\}$ i növekedésével először nő, majd monoton csökken, a maximumát a $i = \lfloor \lambda \rfloor$ -nél veszi fel. (Tipp: tekintsük $\mathbf{P}\{X = i\}/\mathbf{P}\{X = i - 1\}$ -et.)

- 6.7 Legyen X λ paraméterű Poisson eloszlású valószínűségi változó. Mutassuk meg, hogy

$$\mathbf{P}\{X \text{ páros}\} = \frac{1}{2}(1 + e^{-2\lambda}).$$

- 6.8 Átlagosan hány mazsolának kell egy sütiben lennie, ha azt kívánjuk elérni, hogy egy véletlenszerűen választott sütiben legalább 0.99 valószínűséggel legyen (legalább egy szem) mazsola?

Bónusz: Egy erdő átlagos sűrűsége: 16 fa 100 m²-enként. A fák törzse teljesen szabályos, 20 cm átmérőjű kör alapú henger. Egy puskagolyót lövünk ki célzás nélkül, az erdő szélétől 120 m-re, kifelé az erdőből. Mennyi annak a valószínűsége, hogy eltalálunk egy fatörzset?

(Tekintsünk el attól az apró zavaró tényezőtől, hogy a fák alapkörének középpontjai min. 20 cm távolságban vannak.)

- 6.9 •• Számítsuk ki az $(1 + X)^{-1}$ valószínűségi változó várható értékét a következő esetekben:

- ha X $\text{Binom}(n, p)$ eloszlású;
- ha X $\text{Poi}(\lambda)$ eloszlású.

(Tipp: integráljunk valami szépet.)

- 6.10 Lovas gátversenyen a lovasok körpályán versenyeznek, és a ló a pályán elhelyezett sok akadály mindegyikét egymástól függetlenül azonos valószínűséggel veri le. Ha 5% annak valószínűsége, hogy a lovas hibátlanul teljesít egy kört, mennyi az esélye, hogy egy körben legfeljebb három akadályt ver le?

- 6.11 • London központi kerületében bekövetkező autóbalesetek száma száraz napos időben $\lambda = 10$ paraméterű Poisson-eloszlású, míg nedves esős időben $\mu = 20$ paraméterű Poisson-eloszlású. Kora novemberben Londonban $p = 0.6$ valószínűséggel van ronda esős idő (egész nap), $q = 0.4$ a valószínűsége annak, hogy verőfényes napsütés van (szintén egész nap). Azt olvastam a *Times*-ban, hogy múlt csütörtökön 17 autóbaleset történt London központjában. Mennyi a valószínűsége annak, hogy esett az eső?

- 6.12 Egy nagy virágágyásba sok virágmagot szórunk egyenletesen. Később a virágágyást sok kis egyenlő méretű darabra osztjuk. Azt tapasztaljuk, hogy a kis darabok 10%-ába nem került egyetlen mag sem.

- Hány magot szórtunk ki földdarabonként átlagosan?
- A földdarabok hány százalékában lesz egynél több mag?

- 6.13 Legyenek $p \in (0, 1)$, $n \in \mathbb{N}$ és $\lambda = pn \in (0, \infty)$ rögzítve. Továbbá: $a_k := p_{\text{Binom}(n, p)}(k)/p_{\text{Poi}(\lambda)}(k)$. Bizonyítsuk be, hogy amint $k = 0, 1, 2, \dots$ növekszik

- a_k először növekszik, majd csökken, és a maximális értékét $\lfloor \lambda + 1 \rfloor$ -nél éri el.
- a_k először kisebb, mint 1, majd 1 fölé nő, majd újból 1 alá csökken.

- 6.14 Egy újságkihordó 100 forintért veszi és 150 forintért adja el az újságokat. Az el nem adott lapokat nem vásárolják tőle vissza. Ha az újságokra a napi igény binomiális eloszlású véletlen változó, $n = 10$ $p = \frac{1}{3}$ értékekkel, körülbelül hány lapot vegyen, ha várható profitját szeretné maximalizálni?
- 6.15 Tegyük fel, hogy egy adott időben történt események száma λ paraméterű Poisson valószínűségi változó. Mutassuk meg, hogy ha minden eseményt p valószínűséggel számolunk, függetlenül a többi eseménytől, akkor a megszámlolt események száma λp paraméterű Poisson valószínűségi változó! Emellett adjunk intuitív érvelést arra, hogy miért kell ennek így lennie.
Az előzőek alkalmazására példa: Tegyük fel, hogy egy adott terület uránlelőhelyeinek száma $Poi(10)$ eloszlású véletlen változó. Minden lelőhelyet a többitől függetlenül $\frac{1}{50}$ valószínűséggel fedeznek fel. Számoljuk ki annak a valószínűségét, hogy (a) pontosan 1, (b) legalább 1 és (c) legfeljebb 1 lelőhelyet fedeznek fel az adott idő alatt.
- 6.16 •• A "Kocogj velünk!" mozgalom keretében tavaly futóversenyt rendeztek a Duna-kanyarban. A pályát sajnos kullancsal fertőzött területen át vezették. Kiderült, hogy a versenyzők közül 300-an találtak magukban egy, 75-en pedig két kullancsot. Ennek alapján becsüljük meg, hogy körülbelül hányan indultak a versenyen!
- 6.17 Adott egy hamis érménk, mely p valószínűséggel mutat *fejet*. Ezt az érmét 0 időpontban feldobjuk, és azt látjuk, hogy *fejre* esik. Egy λ paraméterű Poisson folyamat által megadott időpillanatokban az érmét újra és újra feldobjuk, míg egyéb időpontokban nem nyúlunk az érméhez. Mi a valószínűsége, hogy t -kor az érme *fejet* mutat?

7. HF:

- 7.1 Egy országban a házaspárok az első fiúig vállalnak gyereket. Mi a nemek aránya ebben az országban? Igaz-e, hogy az egy családban született gyerekek neme független egymástól?
- 7.2 Tegyük fel, hogy X eloszlásfüggvénye, F a következőképpen adott:

$$F(b) = \begin{cases} 0 & \text{ha } b < 0 \\ \frac{b}{4} & \text{ha } 0 \leq b \leq 1 \\ \frac{1}{2} + \frac{b-1}{4} & \text{ha } 1 < b \leq 2 \\ \frac{11}{12} & \text{ha } 2 < b \leq 3 \\ 1 & \text{ha } 3 < b \end{cases}$$

- a) Számoljuk ki $P\{X = i\}$ -t, $i = 1, 2, 3$.
- b) Mennyi $P\{\frac{1}{2} < X < \frac{3}{2}\}$?
- 7.3 • Egy urnában 4 piros és 4 kék golyó van. Véletlenszerűen kiválasztunk 4 golyót. Ha 2 közülük piros és 2 kék, akkor megállunk. Különben visszarakjuk a golyókat az urnába és újra választunk 4 golyót. Az egészet mindaddig folytatjuk, amíg 4 húzott golyóból pontosan 2 piros lesz. Mi a valószínűsége, hogy pontosan n -szer húzunk?
- 7.4 ••

- a) Egy rendszer a bekapcsolástól számítva X hónapig működik. Határozzuk meg X várható értékét, és annak valószínűségét, hogy a rendszer legalább 5 hónapig működik, ha X sűrűségfüggvénye:

$$f(x) = \begin{cases} Cxe^{-x/2} & \text{ha } x > 0, \\ 0 & \text{ha } x \leq 0. \end{cases}$$

- b) Legyen

$$f(x) = \begin{cases} C(2x - x^3) & \text{ha } 0 < x < \frac{5}{2}, \\ 0 & \text{különben,} \end{cases}$$

és

$$g(x) = \begin{cases} C(2x - x^2) & \text{ha } 0 < x < \frac{5}{2}, \\ 0 & \text{különben.} \end{cases}$$

Lehet-e f ill. g sűrűségfüggvény? Ha igen, határozzuk meg C -t és az f ill. g által meghatározott eloszlások várhatóértékét!

c) Milyen α és c értékekre lesz eloszlásfüggvény a következő függvény?

$$F(x) = \exp(-ce^{-\alpha x})$$

7.5 Egy benzinkút hetente egyszer kap benzint. Hogyha a heti eladás (ezer literben mérve) egy valószínűségi változó

$$f(x) = \begin{cases} 5(1-x)^4, & \text{ha } 0 < x < 1, \\ 0, & \text{egyébként} \end{cases}$$

sűrűségfüggvénnyel, akkor mekkora méretű tartály szükséges ahhoz, hogy egy adott héten a benzinkút 0.01-nél kisebb valószínűséggel fogyjon ki a benzintől?

7.6 •• Tudjuk, hogy minden Y nemnegatív valószínűségi változóra

$$\mathbf{E}(Y) = \int_0^{\infty} \mathbf{P}\{Y > t\} dt.$$

Mutassuk meg, hogy egy X nemnegatív valószínűségi változóra

$$\mathbf{E}(X^n) = \int_0^{\infty} nx^{n-1} \mathbf{P}\{X > x\} dx$$

teljesül. (Tipp: kezdjük azzal, hogy

$$\mathbf{E}(X^n) = \int_0^{\infty} \mathbf{P}\{X^n > t\} dt,$$

majd cseréljük változót ($t := x^n$.)

7.7 a) Legyen X valószínűségi változó várható értéke μ , szórásnégyzete σ^2 , és legyen g egy kétszer differenciálható függvény. Mutassuk meg, hogy

$$\mathbf{E}(g(X)) \approx g(\mu) + \frac{g''(\mu)}{2} \sigma^2.$$

(Tipp: fejtsük g -t μ körül 3 tagig Taylor sorba, és hanyagoljuk el a megmaradó részt!)

b) Legyen X egy λ várható értékű Poisson eloszlású valószínűségi változó. Mutassuk meg, hogy ha λ nem túl kicsi, akkor

$$\mathbf{D}^2(\sqrt{X}) \approx 0.25.$$

Lepődjünk meg. (Tipp: használjuk fel az előző feladatot $\mathbf{E}(\sqrt{X})$ közelítésére!)

7.8 Ketten céllövésben versenyeznek, a két versenyző p_1 , illetve p_2 valószínűséggel ér el találatot ($p_1 < p_2$). Az ügyetlenebb kezd, majd felváltva lőnek. Aki először talál, az nyer.

a) Mennyi a valószínűsége annak, hogy az ügyesebb nyer?

b) Mennyi a játék várható időtartama, ha percenként egy lövést végeznek?

c) A várható időtartam azonnal adódik, ha $p_1 = p_2$ (miért?). Ellenőrizzük le, hogy az előző kérdésre adott válaszuk ebben az esetben az, ami azonnal adódik.

7.9 Legyen $F(x)$ folytonos eloszlásfüggvény, és $F(0) = 0$. Mutassuk meg, hogy

$$G(x) := \begin{cases} 0, & \text{ha } -\infty < x \leq 1, \\ F(x) - F(x^{-1}), & \text{ha } 1 < x < \infty \end{cases}$$

is eloszlásfüggvény. Adjunk valószínűségyszámítási értelmet a fenti formulának.

7.10 • Konstruálható-e olyan folytonos $g : [0, 1] \rightarrow [0, \infty)$ függvény, amelyre $\int_0^1 g(x) dx = 1$, $\int_0^1 x \cdot g(x) dx = a$,

$$\int_0^1 x^2 \cdot g(x) dx = a^2?$$

Bónusz: Az árokugró versenyfutás szabályai a következők: A futópálya egyenes, és van rajta végtelen sok egyforma árok. Két egyforma képességű versenyző méri össze az erejét árokfutásból, akik fej fej mellett futnak. Egy versenyző egymás után át próbálja ugrani az árkokat, végül egyszer túl kicsit ugrik és beleesik valamelyikbe. Tegyük fel, hogy egy versenyző sohasem fárad el, és az árkokat egymástól függetlenül, egyenként 2^{-L} valószínűséggel tudja átugorni, ahol L az árok hossza. Ha az egyikük beleesett egy árokba, akkor véget ért a verseny.

- a) Mutassuk meg, hogy a döntetlen valószínűsége pontosan akkor kisebb ε -nál, ha

$$L < \log_2 \left(\frac{1 + \varepsilon}{1 - \varepsilon} \right)$$

teljesül.

- b) Ha döntetlen, akkor visszaküldjük őket a startvonalhoz és újra kezdődik a verseny. Ezt ismétljük egészen addig, amíg győztest nem hirdethetünk. Mekkora legyen L , ha a versenyzők ugrásainak számának várható értékét akarjuk minimalizálni?

7.11 Hipergeometriai eloszlás tart a Binomiálhoz

Madarat gyűrűzzünk: N madárból m gyűrűzött van. Képzeljük el, hogy a madárgyűrűzést évek óta csináljuk, a madárpopuláció is nő, és átlagosan a madarak egy bizonyos hányadát vagyunk képesek befogni. Pontosabban, legyen most $N \rightarrow \infty$, $\frac{m}{N} \rightarrow p$! Bizonyítsuk be, hogy ekkor, ha (fix) n elemű mintát veszünk a populációból, és X jelöli a gyűrűzött madarak számát az n elemű mintában, akkor X eloszlása binomiálhoz tart, azaz

$$\lim_{N \rightarrow \infty, m/N \rightarrow p} \mathbf{P}(X = i) \rightarrow \mathbf{P}(\text{Bin}(n, p) = i)!$$

- 7.12 Egy egységoshosszú ropin van egy sódarab, az s helyen. Mire hazaérünk a boltból, a táskánkban véletlenszerűen (egyenletes eloszlással) kettétörök a ropi a csomagban. Mi a sódarabot tartalmazó ropidarab hosszának várható értéke?
- 7.13 •• Ha egy találkozóra $s \in \mathbb{R}$ perccel korábban érkezem a megbeszéltnél, $a \cdot s$ petákot fizetek, ha s percet kések, $b \cdot s$ -t fietek. Az utazás a mai kaotikus közlekedési feltételek miatt meglehetősen véletlen ideig tart, melynek sűrűségfüggvénye $f(x)$. Mikor induljak, ha a várható költséget szeretném minimalizálni?
- 7.14 A buszok rendre minden óra egészskor, 15-kor, 30-kor és 45-kor indulnak a megállóból. Ha véletlenszerűen érkezem 7:00 és 7:30 közt, mi annak a valószínűsége, hogy
- 5 percnél kevesebbet várok?
 - 8 percnél többet várok?
 - Ugyanez a két kérdés, ha 7:08 és 7:38 közt érkezem egyenletesen.
 - És ha 7:00 és 7:25 közt érkezem egyenletesen?
- 7.15 •• Bulgáriában történt, hogy egymás utáni két héten kihúzták pontosan ugyanazokat a nyerőszámokat a lottón. Maradjunk hazai vizeken: a hazai, 90-ből 5-öt húzós lottón
- mi annak a valószínűsége, hogy jövő héten ugyanazokat a számokat húzzák, mint ezen a héten?
 - kicsit enyhítsük a kérdést: mi annak a valószínűsége, hogy a lottó 50 éves történetében (minden héten egy húzást feltételezve, szünet nélkül, évi 52 héttel számolva) valaha előfordul az, hogy két egymás utáni héten ugyanazt az öt számot húzzák?
 - még egy kicsit enyhítsük a kérdést: mi annak a valószínűsége, hogy a lottó 50 éves történetében (minden héten egy húzást feltételezve, szünet nélkül, évi 52 héttel számolva) valaha előfordul az, hogy olyan 5-öst húznak ki, ami már egyszer volt?

Adjunk numerikus értéket is.

8. HF:

- 8.1 • Informatikus haverom az $\{1, 2, \dots, n\}$ -en egyenletes eloszlást szeretne generálni. Ezért a random-generátorából vesz egy $[0, 1]$ -en egyenletes eloszlást, felszorozza n -nel, majd hozzáad 1-et, végül veszi az egészrészét. Számoljuk ki a kapott valószínűségi változó eloszlását! Ez alapján mondjuk meg, jó-e az eljárása.
- 8.2 A felé a vonatok 15 percenként indulnak 7:00-tól kezdve, míg B felé 15 percenként indulnak 7:05-től kezdve.
- Ha egy utas 7:00 és 8:00 közötti egyenletes eloszlású időben érkezik az állomásra, majd felszáll arra a vonatra amelyik hamarabb indul, az esetek hányadrészeben megy A felé, és hányadrészeben B felé?
 - És ha az utas 7:10 és 8:10 közötti egyenletes eloszlású időben érkezik az állomásra?
- 8.3 • Egy busz A és B városok között jár, mely városok 100 kilométerre vannak egymástól. Ha a busz lerobban, akkor azt egyenletes eloszlású helyen teszi a két város közötti úton. Pillanatnyilag egy buszszerviz található az A városban, egy a B városban, és egy a két város között félúton. Egy javaslat szerint ehelyett gazdaságosabb lenne a három szervizt az A várostól 25, 50, és 75 kilométerre elhelyezni. Egyetértünk-e a javaslattal? Miért? Mi lenne a szervizek legjobb elhelyezése? Milyen értelemben?
- 8.4 Tegyük fel, hogy X normális eloszlású, 5 várható értékkel. Ha $\mathbf{P}\{X > 9\} = 0.2$, közelítőleg mennyi X szórásnégyzete?

- 8.5 Tegyük fel, hogy a 25 éves fiatalemberek magassága centiméterben mérve normális eloszlású, $\mu = 180$ és $\sigma^2 = 169$ paraméterekkel. A 25 éves fiatalemberek hány százaléka magasabb 2 méternél? A két méteres klub tagjainak hány százaléka magasabb 2 méter 10 cm-nél?
- 8.6 Egy gyár két fajta érmét gyárt: egy igazságosat, és egy hamisat ami 55% eséllyel mutat fejet. Van egy ilyen érménk, de nem tudjuk igazságos-e vagy pedig hamis. Ennek eldöntésére a következő statisztikai tesztet hajtjuk végre: feldobjuk az érmét 1000-szer, ha legalább 525-ször fejet mutat, akkor hamisnak nyilvánítjuk, ha 525-nél kevesebb fej lesz a dobások között, akkor az érmét igazságosnak tekintjük. Mi a valószínűsége, hogy a tesztünk téved abban az esetben, ha az érme igazságos volt? És ha hamis volt?
- 8.7 Mutassuk meg, hogy $\Gamma(\frac{1}{2}) = \sqrt{\pi}$. (Tipp: $\Gamma(\frac{1}{2}) = \int_0^\infty e^{-x} x^{-\frac{1}{2}} dx$. Helyettesítsünk $y = \sqrt{2x}$ -et és hasonlítsuk össze az így kapott kifejezést a normális eloszlással!)
- 8.8 Számoljuk ki a normális eloszlás alább definiált „abszolút momentumait” (φ a standard normális sűrűség):

$$A_k := \int_{-\infty}^{\infty} \varphi(y) |y|^k dy, \quad k = 1, 2, 3, \dots$$

(Tipp: páros $k = 2\ell$ -re számoljuk ki és használjuk a következő kifejezést:

$$\left. \frac{d^\ell}{d\lambda^\ell} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} e^{-\lambda y^2/2} dy \right|_{\lambda=1}.$$

Páratlan $k = 2\ell + 1$ -re hajtsuk végre a $z = y^2$ változócsere az A_k -t definiáló integrálban.)

- 8.9 Legyen az X valószínűségi változó normális eloszlású μ várható értékkel és σ szórással. Számoljuk ki $t \in \mathbb{R}$ -re az $\mathbf{E}(e^{tX})$ várható értéket! (Tipp: ez egy egyszerű integrál-helyettesítéssel visszavezethető a normális sűrűségfüggvény integráljára.)
- Bónusz: Bizonyítsuk be, hogy az előző feladatban kapott képlet akkor is érvényes marad, ha t tetszőleges komplex szám! (Vigyázat: a normális sűrűségfüggvény integrálját csak a *valós* számegyenesen tanultuk, hogy mennyi. A bizonyításhoz kell valami komoly az analízisből.)
- 8.10 Legyen X nulla várható értékű és σ szórással, normális eloszlású valószínűségi változó. Bizonyítsuk be, hogy tetszőleges $x > 0$ esetén fennállnak a következő egyenlőtlenségek:

$$\frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-(x^2/2\sigma^2)} \left(\frac{\sigma}{x} - \frac{\sigma^3}{x^3} \right) < \mathbf{P}\{X > x\} < \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-(x^2/2\sigma^2)} \frac{\sigma}{x}.$$

(Tipp: differenciáljuk az egyenlőtlenség-lánc mindhárom tagját és hasonlítsuk össze a deriváltakat.)

- 8.11 •• Egy nagyváros lakosságának *általunk ismeretlen* p hányada dohányzik. Ezt a p hányadot akarjuk közelítőleg meghatározni egy mintában megfigyelt relatív gyakorisággal, a következő módon: megkérdezzük n véletlenszerűen kiválasztott lakost és megállapítjuk, hogy ezek között k állítja, hogy dohányzik. A NSZT-ből tudjuk, hogy ha n elég nagy, akkor az empirikusan megfigyelt $p' := k/n$ relatív gyakoriság igen nagy valószínűséggel jól közelíti az igazi p hányadot. Milyen nagynak kell n -et választanunk, ha azt akarjuk elérni, hogy az empirikusan megfigyelt p' relatív gyakoriság legalább 0.95 valószínűséggel 0.005 hibahatáron belül közelítse a valódi (ismeretlen) p hányadot? Más szóval: határozzuk meg azt a legkisebb n_0 természetes számot, amelyre igaz, hogy bármely $p \in (0, 1)$ -re és $n \geq n_0$ -ra

$$\mathbf{P}\{|p' - p| \leq 0.005\} \geq 0.95.$$

- 8.12 •• Az előző feladat kicsit máshogy ☺

Budapest utcáin az emberek 42%-a támogatná, hogy közterületen ne lehessen dohányozni. Közelítsük azt a valószínűséget, hogy n megkérdezett ember közül legalább 40% a betiltás mellett nyilatkozik, ha

- a) $n = 11$,
- b) $n = 101$,
- c) $n = 1001$.

d) Hány embert kellene megkérdeznünk, hogy legalább 95% eséllyel 40% felett legyenek a betiltást támogatók?

- 8.13 Van két egyforma biztosítótársaság, egyenként tízezer ügyféllel. A 2007-es év elején minden ügyfél befizet a biztosítójának ötvenezer forintot, és az év folyamán minden ügyfél egymástól függetlenül $\frac{1}{3}$ valószínűséggel nyújt be kárigényt, amely minden esetben 150 ezer forintos. Mindkét biztosítótársaságnak van ezen felül 5 millió forint félretett pénze az előző évről. Egy biztosítótársaság csődbe megy, ha nem tudja kifizetni a beérkező kárigényeket. Érdemes-e egyesülnie a két biztosítótársaságnak? Legyen p_1 annak a valószínűsége, hogy a két biztosítótársaság közül legalább egy tönkremegy, és p_2 annak a valószínűsége, hogy az egyesült biztosítótársaság tönkremegy. Határozzuk meg p_1 és p_2 (közelítő) értékét, és vonjuk le a következtetést!

Bónusz: **(A Poisson eloszlás normális approximációja.)** Bizonyítsuk be, hogy $\lambda \rightarrow \infty$ -re

$$\sqrt{\lambda} \cdot p_{\text{Poi}(\lambda)}(\lfloor \lambda + x\sqrt{\lambda} \rfloor) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp(-x^2/2) + \mathcal{O}(\lambda^{-1/2}),$$

és a hibatag egyenletesen kicsi, ha x egy korlátos halmazban marad. Következésképpen lássuk be, hogy

$$\sum_{\lambda + \alpha\sqrt{\lambda} < k < \lambda + \beta\sqrt{\lambda}} p_{\text{Poi}(\lambda)}(k) \rightarrow \int_{\alpha}^{\beta} \varphi(y) dy = \Phi(\beta) - \Phi(\alpha)$$

amint $\lambda \rightarrow \infty$.

- 8.14 A vajsámium radioaktív bomló részecske átlagos élettartama 1 év. Mennyi ennek a részecske-fajtának a felezési ideje?
- 8.15 A „Fény az éjszakában” típusú villanykörte élettartama exponenciális eloszlású. A gyártó mérései szerint a körték 90 százaléka bírja legalább egy évig. Mennyi időre vállalhat a gyártó garanciát a körték működésére, ha azt akarja, hogy a vevőknek legfeljebb 1 százaléka reklamáljon?
- 8.16 Reggel a földalatti szerelvények követési ideje exponenciális eloszlású valószínűségi változó 2 perc várható értékkel. Az egyik szerelvényt pont lekéstem.
- Mennyi a valószínűsége, hogy legalább 5 percet várnom kell a következőre?
 - Már 3 perce várok hiába. Mennyi a valószínűsége, hogy még további 5 percig várnom kell?
- 8.17 •• (Veszélyráta.) Egy pozitív abszolút folytonos valószínűségi változó kockázati rátafüggvényének a $\lambda(t) = \frac{f(t)}{1-F(t)}$ függvényt nevezzük.
- Mi a kockázati rátafüggvény szemléletes jelentése?
 - Lássuk be, hogy ekkor

$$F(t) = 1 - \exp \left\{ - \int_0^t \lambda(t) dt \right\}!$$

- Mi a λ paraméterű exponenciális eloszlás rátafüggvénye?
 - És egy $[0, a]$ intervallumon egyenletes eloszlásé?
- 8.18 •• Gyakran hallani, hogy a dohányosok halálozási rátája (azaz a kockázati rátája a halál időpontjára vonatkozólag) minden életkorban kétszer akkora, mint az azonos korú nemdohányosoké. Igaza van-e annak a nemdohányosnak, aki erre azzal jön, hogy ő akkor kétszer akkora valószínűséggel fog még x évig élni, mint a dohányos osztálytársa? Ha nem, mi a két valószínűség viszonya? (Tipp: előző feladat.)
- 8.19 Egy nagyon gyors számítógépen futó program, miután elindult, minden órajel hatására (vagyis nagyon gyakran) megpróbál lefagyni – feltéve, hogy ez korábban nem sikerült neki – és valamilyen nagyon kicsi valószínűséggel le is fagy. A tapasztalat szerint ez a program az indítás után átlagosan 1 órával fagy le. Mi a lefagyásig eltelő (órában mért) idő eloszlása?
- 8.20 Pistike nyári estéken csillaghullást néz. Egy-egy nyári estén nagyon sok meteor éri el a Földet, ezek mind egyikének egymástól függetlenül, nagyon kis valószínűséggel sikerül Pistike szeme elé kerülni – vagyis pont akkor és ott esni le, amikor és ahol Pistike látja. Így ő fél óra alatt átlagosan hármat lát lehullani. Augusztus 19-én este 22:00-kor kezdi nézni az eget.
- Mi a valószínűsége, hogy 22:00 és 22:25 között egyetlen hullócsillagot sem lát?
 - Mi a valószínűsége, hogy T perc alatt egyetlen hullócsillagot sem lát, ahol $T \in \mathbb{R}^+$?
 - Az X valószínűségi változó legyen az az idő (percben mérve), amennyit Pistikének az első hullócsillag megpillantására várnia kell. Számoljuk ki X eloszlásfüggvényét és sűrűségfüggvényét!
 - Fogalmazzuk meg szépen a tanulságot!

9. HF:

- 9.1 • Legyen X egyenletes eloszlású a $[-3, 4]$ intervallumon, és legyen $\Psi(x) = |x - 1| + |x + 1|$. Határozzuk meg az $Y = \Psi(X)$ valószínűségi változó $G(y)$ eloszlásfüggvényét. Abszolút folytonos eloszlású-e Y ? Adjuk meg a G eloszlásfüggvény Lebesgue-féle felbontását diszkrét, abszolút folytonos és folytonos de szinguláris nem csökkenő függvények összegére.
- 9.2 Határozzuk meg $R = A \sin(\Theta)$ eloszlását, ahol A egy rögzített konstans, és Θ egyenletes eloszlású $(-\pi/2, \pi/2)$ -n. (Az ilyen valószínűségi változók ballisztikánál jönnek elő: a v sebességgel α szögben ki-lőtt lövedék $R = \frac{v^2}{g} \cdot \sin(2\alpha)$ távolságban ér földet.)

9.3 ••

- a) Legyen X λ paraméterű exponenciális eloszlású valószínűségi változó, és $c > 0$. Mutassuk meg, hogy cX szintén exponenciális eloszlású, λ/c paraméterrel.
- b) Most legyen X sűrűségfüggvénye $f(x)$. Mi az $Y = aX + b$ valószínűségi változó sűrűségfüggvénye?
- c) Z eloszlása megegyezik $2Z$ -jével. Mi ez a Z ?

9.4 ••

- a) Legyen X normális eloszlású μ várható értékkel és σ szórással. Határozzuk meg $Y = e^X$ sűrűségfüggvényét. (Y eloszlását lognormálisnak nevezik.)
- b) Mutassuk meg, lehetőleg számolás nélkül, hogy ekkor CY^α eloszlása szintén lognormális $\mu' = \alpha\mu + \log C$ és $\sigma'^2 = \alpha^2\sigma^2$ paraméterekkel. (Tipp: tudjuk, hogy $Y = e^X$, ahol X normális. Írjuk fel CY^α -t e^Z alakban, találjuk meg a kapcsolatot X és Z között, és használjuk tudásunkat a normális valószínűségi változó lineáris transzformáltjairól.)
- c) Valamely homokfajta részecskéi gömb alakúak, melyeknek átmérője (milliméterben mérve) log-normális eloszlású, $\mu = -0.4$ és $\sigma := 0.3$ paraméterekkel. Az egész homokmennyiség hány súlyszázaléka áll 0.5 mm-nél kisebb átmérőjű szemcsékből?

9.5 Legyen X folytonos eloszlású valószínűségi változó, F eloszlásfüggvénnyel. Legyen $Y = F(X)$. Mutassuk meg, hogy Y valószínűségi változó egyenletes eloszlású a $(0, 1)$ intervallumon.

9.6 Legyen X egy valószínűségi változó, amelyre $\mathbf{P}\{X = 0\} = 0$, és $Y := X^{-1}$. Mi a feltétele annak, hogy X és Y azonos eloszlásúak legyenek?

9.7 Bizonyítsuk be, hogy ha ξ Cauchy eloszlású valószínűségi változó, melynek sűrűségfüggvénye $f(x) = \frac{1}{\pi} \frac{1}{1+x^2}$, és $X := 1/\xi$, $Y := 2\xi/(1-\xi^2)$, $Z := (3\xi - \xi^3)/(1-3\xi^2)$, akkor X , Y és Z szintén Cauchy eloszlású. (Tipp: Használjuk a következő trigonometriai azonosságokat: ha $\xi = \tan(\alpha)$, akkor $1/\xi = \tan(\frac{\pi}{2} - \alpha)$, $2\xi/(1-\xi^2) = \tan(2\alpha)$ és $(3\xi - \xi^3)/(1-3\xi^2) = \tan(3\alpha)$.)

9.8 Legyen ξ az X pont távolsága a sík $(1, 1)$ koordinátájú pontjától, ha

- a) X -et az x -tengely $[0, 1]$ intervallumán véletlenszerűen választjuk;
- b) X -et az x -tengely $[0, 2]$ intervallumán véletlenszerűen választjuk.

A két esetben határozzuk meg a ξ valószínűségi változó sűrűségfüggvényét.

9.9 Válasszunk egy pontot egyenletes eloszlással egy egyenlő oldalú háromszög belsejében, mely háromszögnek minden oldala 1 hosszúságú. Jelölje ξ e pontnak a távolságát a háromszög legközelebbi oldalától. Határozzuk meg a ξ valószínűségi változó eloszlás- és sűrűségfüggvényét.

9.10 •• Egy ℓ hosszú ropit két egymástól függetlenül és egyenletes eloszlással kiválasztott pontban eltörünk.

- a) Mi az így nyert három darab közül a legrövidebb hosszának a várható értéke?
- b) Mennyi a valószínűsége annak, hogy a három darabból háromszöget alkothatunk?

9.11 Két szabályos kockával dobunk. Határozzuk meg X és Y együttes súlyfüggvényét, ha

- a) X a dobott számok maximuma, Y a két dobott érték összege;
- b) X az első kocka eredménye, Y a dobott számok maximuma;
- c) rendre X , Y a dobott számok minimuma, ill. maximuma.

9.12 • Legyenek X és Y független, p paraméterű geometriai eloszlású valószínűségi változók. (Azaz: $\mathbf{P}\{X = i, Y = j\} = (1-p)^{i-1} \cdot p \cdot (1-p)^{j-1} \cdot p$, $i, j > 0$.)

- a) Sejtjük meg $\mathbf{P}\{X = i | X + Y = n\}$ értékét. (Tipp: tegyük fel, hogy egy cinkelt érmét dobunk fel, egymás után sokszor. Az érme p valószínűséggel ad fejet. Ha a második fej az n -edik feldobásnál jön, mi az első fej bekövetkezése idejének eloszlása?)
- b) Igazoljuk (a)-beli eredményünket számolással. (Tipp: ugye még emlékszünk mi független geometriai várakozási idők összegének az eloszlása?)

9.13 • Együttes eloszlásfüggvény-e a következő két függvény $(x, y \in \mathbb{R})$?

$$F(x, y) = \exp(-e^{-(x+y)}), \quad G(x, y) = \exp(-e^{-x} - e^{-y}).$$

9.14 • Legyen (X, Y) az $\{(x, y) : x^2 + y^2 \leq 1\}$ egységkörben véletlenszerűen (egyenletes eloszlással) választott pont koordináta-párja. Határozzuk meg a peremeloszlások sűrűségfüggvényét.

9.15 Legyen az X és Y valószínűségi változók együttes eloszlásának sűrűségfüggvénye:

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

Határozzuk meg a peremeloszlásokat.

10. HF:

- 10.1 A patikába egy óra alatt betérő emberek száma Poisson eloszlású $\lambda = 10$ paraméterrel. Számoljuk ki annak feltételes valószínűségét, hogy legfeljebb 3 férfi tért be, feltéve, hogy 10 nő tért be a patikába abban az órában. Milyen feltevésekkel éltünk?
- 10.2 Egy férfi és egy nő találkozót beszélt meg 12:30-ra. Ha a férfi 12:15 és 12:45 között egyenletes eloszlású időben érkezik, és tőle függetlenül a nő 12:00 és 13:00 között egyenletes eloszlású időben érkezik,
- határozzuk meg annak valószínűségét, hogy aki először érkezik, 5 percnél kevesebbet vár.
 - Mi a valószínűsége, hogy a férfi érkezik elsőnek?
- 10.3 •• n pontot függetlenül egyenletesen elosztunk egy kör területén, és szeretnénk meghatározni annak valószínűségét, hogy mind egy félkörbe esnek (vagyis annak valószínűségét, hogy van egy olyan, a kör középpontján átmenő egyenes, melynek az összes pont az egyik oldalán van). Jelölje $P_1, P_2, \dots, P_n$ a pontokat. Legyen A az az esemény, hogy az összes pont egy félkörbe esik, és A_i az az esemény, hogy az összes pont abba a félkörbe esik, amely P_i -től indul az óramutató járásával egyező irányban, $i = 1, 2, \dots, n$.
- Fejezzük ki A -t az A_i -k segítségével.
 - Igaz-e, hogy az A_i -k kölcsönösen kizáróak?
 - Határozzuk meg $\mathbf{P}\{A\}$ -t.
 - Most válaszoljuk meg a következő kérdést: ha egy *kör*lapon egymástól függetlenül n pontot egyenletes eloszlással elhelyezünk, mi a valószínűsége, hogy a kör középpontja benne lesz a pontok konvex kombinációiként előálló halmazban?
- 10.4 • Az X és Y valószínűségi változók közös sűrűségfüggvénye

$$f(x, y) = \begin{cases} xe^{-(x+y)}, & \text{ha } x > 0, y > 0, \\ 0, & \text{egyébként.} \end{cases}$$

Független-e X és Y ? És ha a közös sűrűség

$$f(x, y) = \begin{cases} 2, & \text{ha } 0 < y < 1, 0 < x < y, \\ 0, & \text{egyébként?} \end{cases}$$

- 10.5
 - Legyenek $X \sim E(0, 1)$, és $Y \sim \text{Exp}(1)$ függetlenek. Határozzuk meg $X + Y$ eloszlását.
 - Legyenek $X \sim E(0, 1)$, és $Y \sim \text{Exp}(1)$ függetlenek. Határozzuk meg X/Y eloszlását.
 - Legyenek $X \sim \text{Exp}(\lambda)$, és $Y \sim \text{Exp}(\mu)$ függetlenek. Határozzuk meg X/Y eloszlását, és a $\mathbf{P}\{X < Y\}$ valószínűséget.
 - Legyen X és Y két független λ paraméterű exponenciális eloszlású valószínűségi változó. Bizonyítsuk be, hogy az $U := X + Y$ és $V := X/(X + Y)$ valószínűségi változók függetlenek.
- 10.6
 - Legyen X és Y a két koordinátája annak a pontnak, melyet az origó középpontú, 1 sugarú körlapon egyenletesen választottunk. (Azaz: a közös sűrűségfüggvény $f(x, y) = 1/\pi$, ha $x^2 + y^2 \leq 1$.) Határozzuk meg az $R = \sqrt{X^2 + Y^2}$ és a $\Theta = \arctan Y/X$ valószínűségi változók közös sűrűségfüggvényét.
 - Legyen U_1, U_2 két független egyenletes eloszlású valószínűségi változó a $[0, 1]$ -en. Bizonyítsuk be, hogy ha $X = \sqrt{-2 \ln U_1} \cos(2\pi U_2)$ és $Y = \sqrt{-2 \ln U_1} \sin(2\pi U_2)$, akkor az (X, Y) pár kétdimenziós normális eloszlású.
- 10.7 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 valószínűségszámítási érvelést már láttuk előadáson.)
- 10.8 •• Legyen $\underline{X} = (X_1, X_2, X_3)$ háromdimenziós véletlen vektor, amelynek komponensei független $\mathcal{N}(0, 1)$ eloszlásúak. Defináljuk a következő változókat:

$$\varrho := \sqrt{X_1^2 + X_2^2 + X_3^2}, \quad \xi_i := X_i/\varrho, \quad i = 1, 2, 3.$$

- Határozzuk meg ϱ sűrűségfüggvényét.
 - Bizonyítsuk be, hogy ϱ és a $\underline{\xi} = (\xi_1, \xi_2, \xi_3)$ vektorváltozó egymástól függetlenek, továbbá azt, hogy a $\underline{\xi}$ véletlen vektor egyenletes eloszlású az egységömb felszínén.
- 10.9 •• Legyenek X és Y független $\mathcal{N}(0, 1)$, illetve $\mathcal{N}(0, 4)$ eloszlású valószínűségi változók és M egy véletlen-szerűen kiválasztott pont az $\mathbb{R}^2$ síkon, melynek koordinátái $(X; Y)$. Határozzuk meg a következő események valószínűségét:

- a) $M \in \{(x, y) \in \mathbb{R}^2 : |x| \leq 1, |y| \leq 2\},$
- b) $M \in \{(x, y) \in \mathbb{R}^2 : 0 \leq x \leq 2, |y| \leq 2\},$
- c) $M \in \{(x, y) \in \mathbb{R}^2 : 0 \leq x \leq 2, 0 \leq y \leq 4\},$
- d) $M \in \{(x, y) \in \mathbb{R}^2 : x + y \leq 0, |x| \leq 1, y \geq -2\},$
- e) $M \in \{(x, y) \in \mathbb{R}^2 : x^2 + (y^2/4) \leq 1\},$
- f) $M \in \{(x, y) \in \mathbb{R}^2 : x^2 + (y^2/4) \leq c^2\}.$

10.10 •• Egy ember vonattal és távolsági autóbusszal 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 autóbussz valódi indulási ideje a vonat érkezésétől független, szintén normális eloszlású valószínűségi változó, melynek várható értéke 7:37-kor van, szórása pedig 4 perc. Mennyi annak a valószínűsége, hogy emberünk a hét öt munkanapja közül legfeljebb egy alkalommal kesse le a buszcsatlakozást?

10.11 Legyenek X, Y és Z független, azonos $\text{Geom}(p)$ eloszlású valószínűségi változók.

a) Számítsuk ki a következő valószínűségeket:

$$\mathbf{P}\{X = Y\}, \quad \mathbf{P}\{X \geq 2Y\}, \quad \mathbf{P}\{X + Y \leq Z\}.$$

b) Legyen $U := \min\{X, Y\}$ és $V := X - Y$. Bizonyítsuk be, hogy U és V függetlenek.

10.12 **A függetlenség szimmetriája.** Legyenek $X_1, X_2, \dots$ független, azonos eloszlású valószínűségi változók az F folytonos eloszlásból. (Próbaként, lehet egyenletes.) Jelölje A_n azt az eseményt, hogy az X_n rekord, azaz nagyobb, mint az összes addigi. Mennyi $\mathbf{P}\{A_n\}$? Független-e A_{n+1} A_n -től? Számítsuk ki a $\mathbf{P}\{A_n | A_{n+1}\}$ és $\mathbf{P}\{A_{n+1} | A_n\}$ feltételes valószínűségeket.

10.13 Legyenek X, Y független, $[0, 1]$ -en egyenletes valószínűségi változók. Mi a távolságuk sűrűségfüggvénye?

Bónusz: **Rendezett minták.** Leszórunk a $[0, 1]$ -re egyenletesen n pontot. Mi a k . pont sűrűségfüggvénye? Rávezető kicsit egyszerűbb kérdések: Mi a maximum eloszlása? Mi a sűrűségfüggvény? És a 2. legnagyobb? (Hogyan kapjuk meg deriválás nélkül, közvetlenül?)

10.14 **Ez egy gonosz feladat...** 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, és 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 biztonsággal el lehet kapni a hálósval, 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?

10.15 Legyenek $X \sim \text{Poi}(\lambda), Y \sim \text{Poi}(\mu)$ eloszlású független valószínűségi változók. Mi lesz X feltételes eloszlása $X + Y$ ismeretében? Számoljuk ki, majd ismerjük fel az eloszlást és vonjuk le a tapasztalatot a Poisson folyamatra gondolva.

10.16 • Legyenek X_1, X_2, X_3, X_4, X_5 független azonos eloszlású, folytonos valószínűségi változók, közös eloszlásfüggvényük legyen F , sűrűségfüggvényük legyen f , továbbá legyen

$$I = \mathbf{P}\{X_1 < X_2 < X_3 < X_4 < X_5\}.$$

- a) Mutassuk meg, hogy I nem függ F -től. (Tipp: Írjuk át I -t ötös integrállá, és alkalmazzuk az $u_i = F(x_i), i = 1, \dots, 5$ változócsereket.)
- b) Számoljuk ki I értékét!
- c) Adjunk szemléletes magyarázatot az előző pontban kapott eredményre!

11. HF:

11.1 Két dobókockával dobunk, legyen X a nagyobb, Y a kisebb dobott szám. Számoljuk ki Y feltételes sűrűségfüggvényét, az $X = i, i = 1, 2, \dots, 6$ feltétel mellett. Független egymástól X és Y ? Miért?

11.2 X és Y együttes sűrűségfüggvénye

$$f(x, y) = c(x^2 - y^2)e^{-x} \quad 0 \leq x < \infty, -x \leq y \leq x.$$

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

11.3 •• 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:

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

- 11.4 Egy kínai boltban háromféle kompakt fénycső kapható, a rendetlenség miatt jól összekeveredve. Mindegyikének élettartama exponenciális eloszlású, ám a várható élettartamok különbözőek: a kupac 15%-a "selejtes", be se kapcsol, a maradék 4000, 8000, 9000 óráig bírják, ezek egyenlő arányban vannak jelen. Vaktában választok. Mi lesz így az általam hazavitt fénycső élettartamának sűrűségfüggvénye?
- 11.5 •• X és Y legyen független azonos eloszlású λ paraméterű exponenciális eloszlású valószínűségi változó.
- Mi X feltételes eloszlása az $X + Y = z$ feltétel mellett?
 - Nézzünk vissza a 9.12-es feladatra!
- 11.6 Egymástól függetlenül N ember érkezik egy üzleti vacsorára. Amikor megérkezik, minden ember körülnéz, hogy van-e a már megjelentek 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.))
- 11.7 Véletlenszerűen sorbanáll n férfi és n nő.
- Mennyi azon férfiak várható száma, akik mellett (azaz előtt vagy mögött) nő áll a sorban?
 - Mennyi lenne a válasz, ha nem sorbanállnának, hanem egy kerekasztal köré ülnének le?
- 11.8 Adott egy 100 emberből álló csoport.
- Mennyi azon napok várható száma, amikor legalább 3 embernek van közülük születésnapja?
 - Várhatóan hány olyan nap van egy évben, amikor közülük valakinek születésnapja van?
- 11.9 •• (hasznos, mint az előző, csak picit máshogy) Egy urnában van n golyónk, ebből húzunk a_n darabot ismétléssel.
- Mi annak a valószínűsége, hogy az i . golyót legalább kétszer húzom ki?
 - Milyen a_n értékre lesz a legalább kétszer húzott golyók számának várható értéke Cn^α , $\alpha \in \mathbb{R}$ nagyságrendű? Spec $\alpha = 0$ -ra mekkora az a_n ?
 - Mik a szóba jöhető α kitevők?
- 11.10 Legyen $X_1, X_2, \dots$ független azonos eloszlású folytonos valószínűségi változók sorozata, legyen $N \geq 2$ olyan, hogy

$$X_1 \geq X_2 \geq \dots \geq X_{N-1}, \quad X_{N-1} < X_N.$$

Azaz az N -edik az első tagja a sorozatnak, ahol a sorozat növekvővé válik. Mutassuk meg, hogy $\mathbf{E}(N) = e$! (Tipp: érdemes először kiszámolni $\mathbf{P}\{N \geq n\}$ -t.)

- 11.11 a) Legyenek X és Y független, nemnegatív értékű folytonos valószínűségi változók, melyekre $\mathbf{E}X < \infty$ és $\mathbf{E}Y < \infty$. Bizonyítsuk be, hogy

$$\mathbf{E} \min\{X, Y\} = \int_0^\infty \mathbf{P}\{X \geq t\} \cdot \mathbf{P}\{Y \geq t\} dt.$$

- b) Általánosítsuk az előbbi összefüggést tetszőleges k darab független, nemnegatív értékű folytonos $X_1, X_2, \dots, X_k$ valószínűségi változóra, melyekről feltesszük, hogy véges a várható értékük:

$$\mathbf{E} \min\{X_1, X_2, \dots, X_k\} = \int_0^\infty \prod_{j=1}^k \mathbf{P}\{X_j \geq t\} dt.$$

- c) Az a) kérdés feltételei mellett bizonyítsuk be, hogy

$$\mathbf{E} \max\{X, Y\} = \int_0^\infty [1 - \mathbf{P}\{X \leq t\} \cdot \mathbf{P}\{Y \leq t\}] dt.$$

- d) Legyenek $X_1, X_2, \dots, X_k$ független, $(0, 1)$ -en egyenletes eloszlású valószínűségi változók. Határozzuk meg az

$$\mathbf{E} \min\{X_1, X_2, \dots, X_k\}, \quad \mathbf{E} \max\{X_1, X_2, \dots, X_k\}$$

várható értékeket.

- 11.12 n -szer feldobunk egy p valószínűséggel fejet adó érmét. Számoljuk ki az $1, 2, \dots, k$ hosszú csupa fej részsorozatok várható számát! ($1 \leq k \leq n$)

- 11.13 •• Tízszor feldobunk egy hamis érmét, amin a fej valószínűsége p . Jelölje X a tiszta sorozatok számát (mint az 5.8-es feladatban). Mennyi X várható értéke? (Vigyázat: az érme ezúttal hamis.)

Bónusz: Tekintsük az n hosszú $0-1$ kódokat, ahol minden koordináta független, p valószínűséggel 0 , $1-p$ valószínűséggel 1 . Gondoljunk ezekre úgy mint egy gráf csúcsaira! Két csúcs közt menjen pontosan akkor él, ha csak a kódjuk legvégén lévő tiszta blokkban térnek el, vagyis valamely közös kezdeti rész után az egyik kód csupa 0 -val, a másik csupa 1 -gyel folytatódik. (Tehát pl. 1110011000 szomszédjai: 1110011001 , 1110011011 és 1110011111 .) Lesorsolok egy 0 -val illetve egy 1 -gyel kezdődő kódot a fenti eloszlással, vagyis a többi koordinátát már függetlenül p valószínűséggel 0 -nak, $1-p$ -vel 1 -nek. Mennyi az így kapott két kód közt húzott legrövidebb út várható értéke? Mi a válasz, ha $p = 1/2$? *Segítség: írjunk fel két ilyen kódot és találjuk ki, hogyan jutunk el egyiktől a másikig a legrövidebb módon! Hogy kapcsolódik ez vajon a tiszta blokkok számához? És: vigyázzunk, hogy az egyik kód 0 -val kezdődik a másik pedig 1 -gyel!*

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

- 11.15 •• Legyenek $X_1, X_2, \dots, X_n$ független és azonos eloszlású folytonos valószínűségi változók. Azt mondjuk, hogy egy rekord érték tűnik fel j -kor ($j \leq n$), ha $X_j \geq X_i$ minden $1 \leq i \leq j$ esetén. Mutassuk meg, hogy

$$\text{a) } E[\text{rekord értékek száma}] = \sum_{j=1}^n \frac{1}{j}.$$

$$\text{b) } D^2[\text{rekord értékek száma}] = \sum_{j=1}^n \frac{j-1}{j^2}.$$

- 11.16 Legyenek X és Y független azonos eloszlású nemnegatív valószínűségi változók. $E \frac{X}{X+Y} = ?$

Bónusz: Három próbálkozási lehetőségünk van, mindegyik próbálkozás azonos valószínűséggel sikeres. Jelölje X a sikeres próbálkozások számát. Ha tudjuk, hogy $E(X) = 1.8$,

- a) mennyi $P\{X = 3\}$ lehetséges legnagyobb értéke?
b) mennyi $P\{X = 3\}$ lehetséges legkisebb értéke?

Mindkét esetben találjunk ki egy valószínűségi forgatókönyvet, aminek eredménye $P\{X = 3\}$, és ez az érték a lehető legnagyobb/legkisebb. (Tipp: a b) rész megoldását kezdhethük úgy is, hogy legyen U a $(0, 1)$ -en egyenletes valószínűségi változó, majd definiáljuk a próbálkozásokat U -val kifejezve.)

- 11.17 Pistike egy nagy doboz rossz minőségű villanykörtét vásárolt, amiknek az élettartama független exponenciális eloszlású, mindössze 10 perc várható értékkel. Este 10 -kor leül valószínűségszámítást 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 villanykörtek élettartamát.

- a) Jelölje T_2 azt az időpontot (este 10 -tól számítva, percben), amikor a második körte kiég, vagyis $T_2 = \tau_1 + \tau_2$. Mi T_2 sűrűségfüggvénye? Számoljuk ki közvetlenül.
b) "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.
c) Jelölje T_n azt az időpontot (este 10 -tól számítva, percben), amikor az n -edik körte kiég, vagyis $T_n = \tau_1 + \tau_2 + \dots + \tau_n$. Mi T_n sűrűségfüggvénye?
d) 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.)
e) Jelölje X a Pistike által az első 30 perc alatt elhasznált körték számát. Mi X eloszlása?
f) Emlékezzünk a 8.20-os feladatra!

Bónusz: Lacika addig dobál egy dobókockát, amíg nem sikerül neki kétszer egymás után hatost dobni. Mennyi a szükséges dobások számának várható értéke? (Segítség: nézzünk feltételes várható értékeket!)

12. HF:

- 12.1 a) Ha $E(X) = 1$ és $D^2(X) = 5$, határozzuk meg $E[(2 + X)^2]$ és $D^2(4 + 3X)$ értékét.
b) Legyenek X és Y független azonos eloszlású valószínűségi változók μ várható értékkel és σ szórással. Számoljuk ki $E[(X - Y)^2]$ értékét.
- 12.2 • Legyenek X és Y független valószínűségi változók közös μ várható értékkel, de különböző σ_X és σ_Y szórással. μ értékét nem tudjuk, és egy mintavétel alapján az X és Y súlyozott átlagával szeretnénk becsülni. Azaz: μ értékére a $\lambda X + (1 - \lambda)Y$ becslést fogjuk adni, valamilyen λ paraméterrel. Hogyan válasszuk λ -t, hogy a becslésünk szórása minimális legyen? Miért érdemes ezt a λ -t használnunk?
- 12.3 • Legyen az (X, Y) pont egyenletes eloszlású a $(-1, 0)$, $(0, 0)$, $(0, 1)$ pontok által meghatározott háromszögben.
a) Mi lesz az (X, Y) kétdimenziós eloszlás kovarianciamátrixa?

b) Legyen $Z = X + 2Y$. Mi lesz az (X, Z) kétdimenziós eloszlás kovarianciamátrixa?

12.4 10 házaspár ül le véletlen elhelyezéssel egy kerekasztalhoz. Számítsuk ki

- a) a várhatóértékét,
- b) a szórásnégyzetét

annak, hogy hány férj ült a felesége mellé.

12.5 a) Legyen X az a szám, ahányszor 1-est látunk, Y az a szám, ahányszor 2-est látunk ha n -szer dobunk egy szabályos kockával. Számoljuk ki e két valószínűségi változó korrelációs együtthatóját.

b) Egy dobókockát kétszer feldobunk. Legyen X a dobások összege, és Y az első dobás mínusz a második dobás. Számoljuk ki $\text{Cov}(X, Y)$ -t. Függetlenek-e X és Y ?

12.6 X és Y együttes sűrűségfüggvénye

$$f(x, y) = \begin{cases} \frac{1}{y} e^{-(y+x/y)}, & \text{ha } x > 0, y > 0, \\ 0, & \text{egyébként.} \end{cases}$$

a) Határozzuk meg $E(X)$ és $E(Y)$ értékét, valamint mutassuk meg, hogy $\text{Cov}(X, Y) = 1$.

b) Számoljuk ki $E(X^2|Y = y)$ -t is.

12.7 •• Egy gráf csúcsokból, és a csúcsokat összekötő élekből áll. Tekintsünk egy gráfot, melynek n csúcsát 1-től n -ig megszámoztuk, és tegyük fel, hogy mind az $\binom{n}{2}$ csúcspár között egymástól függetlenül van él p valószínűséggel, és nincs él $1 - p$ valószínűséggel. (Ezt hívják Erdős-Rényi véletlen gráfnak.) Az i csúcs D_i fokszáma az i csúcsból kiinduló élek száma.

a) Mi a D_i véletlen szám eloszlása?

b) Határozzuk meg a D_i és D_j változók $\rho(D_i, D_j)$ korrelációs együtthatóját. (Tipp: definiáljuk X_i -t mint az i -ből induló, de nem j -be érkező élek számát, és I_{ij} -t mint az i és j közötti él meglétének indikátorát. Fejezzük ki D_i -t és D_j -t az X_i , X_j , és I_{ij} változókkal, ezután számoljunk korrelációt.)

12.8 • Egy liftbe a földszinten belépő emberek száma egy ismeretlen eloszlású X valószínűségi változó, 1-nél nagyobb várható értékkel. n emelet van és minden ember egymástól függetlenül, azonos valószínűséggel száll ki az n emelet bármelyikén. Legyen Y az a valószínűségi változó, hogy hányszor áll meg a lift, míg az utolsó utast is kirakja. Bizonyítsuk be, hogy $E(Y) < E(X)$.

12.9 •• Az előző feladatban tegyük föl, hogy X eloszlása Poisson, 10 várható értékkel. Számoljuk ki $E(Y)$ -t.

12.10 Egy ember autóbaleseteinek száma egy adott évben λ paraméterű Poisson eloszlású valószínűségi változó. Ez a λ paraméter minden embernél más és más, a népesség 60 százalékánál 2, 40 százalékánál 3. Ha véletlenül kiválasztunk egy embert, mi a valószínűsége annak, hogy

- a) nem történt vele baleset,
- b) pontosan 3 balesetet szenvedett egy adott évben?
- c) Mi a feltételes valószínűsége, hogy pontosan 3 balesetet szenvedett egy adott évben, feltéve, hogy előző évben nem történt vele baleset?
- d) Ismételjük meg az előzőeket, ha az x -nél kisebb λ paraméterrel rendelkező emberek aránya a népességben $1 - e^{-x}$.

12.11 Legyenek $X_1, X_2, \dots, X_n$ független és azonos eloszlású valószínűségi változók. Határozzuk meg

$$E(X_1 | X_1 + X_2 + \dots + X_n = x)$$

értékét. (Tipp: $E(X_1 + X_2 + \dots + X_n | X_1 + X_2 + \dots + X_n = x)$.)

12.12 • Legyen X standard normális eloszlású, és I X -től független, $P\{I = 1\} = P\{I = 0\} = 1/2$ eloszlással. Defináljuk a következő valószínűségi változót:

$$Y := \begin{cases} X, & \text{ha } I = 1, \\ -X, & \text{ha } I = 0. \end{cases}$$

Azaz: Y (X -től függetlenül) egyenlő eséllyel lesz X vagy $-X$.

- a) Mutassuk meg, hogy Y standard normális eloszlású.
- b) Független-e I és Y ?
- c) Független-e X és Y ?
- d) Mutassuk meg, hogy $\text{Cov}(X, Y) = 0$.

- 12.13 Az $(X, Y) \in \mathbb{R}^2$ valószínűségi vektorváltozó legyen kétdimenziós normális eloszlású $\underline{m} = (-1, 1)$ várható-érték-vektorral és $\underline{C} = \begin{pmatrix} 2 & 3 \\ 3 & 5 \end{pmatrix}$ kovarianciamátrixszal. Számítsuk ki a $\mathbf{P}\{X \geq -1, Y \geq 1\}$ valószínűséget! (Tipp: $\underline{C} = \underline{B}^2$, ahol $\underline{B} = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 2 \end{pmatrix}$.)

Bónusz: a) A feltételes kovariancia a feltételes várható értékkel úgy van definiálva, mint a kovariancia a várható értékkel. Vezessük le a *feltételes kovariancia formulát*:

$$\mathbf{Cov}(X, Y) = \mathbf{E}(\mathbf{Cov}(X, Y | Z)) + \mathbf{Cov}(\mathbf{E}(X | Z), \mathbf{E}(Y | Z)).$$

- b) Hamis érmével dobunk, melynél a *fej* valószínűsége p , az *írásé* pedig $q = 1 - p$. Jelöljük X -szel és Y -nal az első, illetve a második tiszta (fej vagy írás) sorozat hosszát. (Pl. ha dobássorozatunk $FFFFIF \dots$, akkor $X = 3, Y = 2$; ha pedig dobássorozatunk $IFFI \dots$, akkor $X = 1, Y = 2 \dots$) Határozzuk meg a következő mennyiségeket: $\mathbf{E}X, \mathbf{E}Y, \mathbf{E}X^2, \mathbf{E}Y^2, \mathbf{D}^2X, \mathbf{D}^2Y, \mathbf{Cov}(X, Y)$.

Bónusz: Egy négyzetláncos papírra egy tintapaca csöppen. Mekkora a valószínűsége, hogy a paca nem metszi a vonalakat, ha azok fél centire vannak egymástól, a tintafolt sugara pedig egyenletes eloszlású a $[0 \text{ cm}, 1/3 \text{ cm}]$ intervallumon?

- 12.14 Szindbádnak egyszer megadatott, hogy N háremhölgy közül kiválassza a legszebbet a következő játékszabály szerint: az N háremhölgy egyenként vonult el előtte, azok valamelyikét kellett kiválasztania. A már elvonultak nem hívhatók vissza és azokról, akik még nem vonultak el, semmit sem tudott. Feltételezzük, hogy a háremhölgyeknek jól definiált szépségfokozatuk van: van egy legszebb, egy második legszebb, egy harmadik legszebb, és végül a legkevésbé szép közöttük. Továbbá azt is feltételezzük, hogy véletlen sorrendben vonulnak el Szindbád előtt: mind az $N!$ lehetséges sorrendjük egyformán valószínű.

Szindbád a következő stratégiát választotta: k hölgyet hagyott elvonulni, majd ezután kiválasztotta azt, amelyik szebb volt az összes előtte már elvonultnál (és ha ilyen hölgy nem akad, akkor Szindbád magányosan távozik). Mi a valószínűsége annak, hogy ezzel a módszerrel valóban a legszebb háremhölgyet választotta? Határozzuk meg azt a k -t, amely mellett a fenti stratégia optimális $N \rightarrow \infty$ határesetben, és a stratégiához tartozó valószínűséget is. (Tipp: használjunk teljes valószínűség tételt aszerint, hogy a legszebb hölgy hanyadikként jön(ne) el Szindbád előtt.)

- 12.15 Az előző feladatban leírt feltételek mellett jelölje X_n azt, hogy a sorban n -edik hölgy hanyadik legszebb az első n hölgy közül. Például ha az egymás utáni hölgyek egyre szebbek, akkor a sorozat $1, 1, \dots, 1$ lesz, ha egyre csúnyábbak, akkor $1, 2, 3, \dots, N$. Bizonyítsuk be, hogy az $X_1, X_2, \dots, X_N$ valószínűségi változók teljesen függetlenek.

- 12.16 •• Legyen $Y \sim \mathcal{N}(\mu, 1)$, és $X | Y \sim \mathcal{N}(Y, \sigma^2)$.

- Mutassuk meg, hogy az (X, Y) pár együttes eloszlása ugyanaz, mint az $(Y + Z, Y)$ páré, ahol Z egy Y -től független standard normális valószínűségi változó.
- Ennek segítségével mutassuk meg, hogy az X, Y pár kétdimenziós normális eloszlású.
- Számítsuk ki az $\mathbf{E}X, \mathbf{D}^2X, \mathbf{Corr}(X, Y)$ mennyiségeket.
- Határozzuk meg $\mathbf{E}(Y | X = x)$ értékét.
- Mi Y feltételes eloszlása az $X = x$ feltétel mellett?

- 12.17 Egy hibátlan kockával dobunk tízszer. Jelölje X azt a számot, ahányszor páros dobást páratlan követ. Mennyi X várható értéke és szórása?

- 12.18 Egy urnában a darab fehér és b darab piros golyó van. Visszatevés nélkül addig húzunk, amíg fehér golyót nem találunk. Mennyi az addig kihúzott piros golyók számának várható értéke és szórásnégyzete?