



## Pauta Auxiliar 1: Probabilidades

Martes 15 de Marzo de 2011

### Problema 1

1. Hay que demostrar que:

$$P[x > s + t | x > s] = P[x > t]$$

Entonces:

$$\begin{aligned} P[x > s + t | x > s] &= \frac{P[x > s + t \wedge x > s]}{P[x > s]} \\ &= \frac{P[x > s + t]}{P[x > s]} \\ &= \frac{1 - P[x \leq s + t]}{1 - P[x \leq s]} \\ &= \frac{1 - [1 - e^{-\lambda(s+t)}]}{1 - [1 - e^{-\lambda(s)}]} \\ &= \frac{e^{-\lambda(s+t)}}{e^{-\lambda(s)}} \\ &= e^{-\lambda t} \\ &= P[x \geq t] \end{aligned}$$

2. Veamos el caso para  $n=2$ :

$$\begin{aligned} P[X_1 + X_2 = N] &= \sum_{i=0}^{\infty} P[X_1 + X_2 = N | X_2 = i] \cdot P[X_2 = i] \\ &= \sum_{i=0}^N P[X_1 = N - i] \cdot P[X_2 = i] \\ &= \sum_{i=0}^N \frac{\lambda_1^{N-i} e^{-\lambda_1}}{(N-i)!} \cdot \frac{\lambda_2^i e^{-\lambda_2}}{i!} \\ &= \frac{e^{-(\lambda_1 + \lambda_2)}}{N!} \cdot \sum_{i=0}^N \frac{N!}{(N-i)! i!} \lambda_1^{N-i} \lambda_2^i \\ &= \frac{e^{-(\lambda_1 + \lambda_2)} (\lambda_1 + \lambda_2)^N}{N!} \end{aligned}$$

3. Tenemos que:

$$\begin{aligned} P[t_1 < t_2] &= \int_0^{\infty} P[t_1 < t_2 | t_2 = t] \cdot f_{t_2}(t) dt \\ &= \int_0^{\infty} P[t_1 < t] \cdot \mu e^{-\mu t} dt \\ &= \int_0^{\infty} (1 - e^{-\lambda t}) \cdot \mu e^{-\mu t} dt \\ &= \int_0^{\infty} \mu e^{-\mu t} dt - \int_0^{\infty} \mu e^{-(\mu + \lambda)t} dt \\ &= 1 - \frac{\mu}{\mu + \lambda} \cdot \int_0^{\infty} (\mu + \lambda) e^{-(\mu + \lambda)t} dt \\ &= 1 - \frac{\mu}{\mu + \lambda} \\ &= \frac{\lambda}{\mu + \lambda} \end{aligned}$$

4. Debemos encontrar una expresión para

$$P[X = \min\{X_1, X_2, \dots, X_n\} < t]$$

$$\begin{aligned} P[X < t] &= 1 - P[X > t] \\ &= 1 - (P[X_1 > t] \cdot P[X_2 > t] \dots \cdot P[X_n > t]) \\ &= 1 - \prod_{i=1}^n (1 - F_{X_i}(t)) \end{aligned}$$

Para el caso exponencial tenemos que:

$$\begin{aligned} P[X < t] &= 1 - \prod_{i=1}^n (1 - F_{X_i}(t)) \\ &= 1 - \prod_{i=1}^n 1 - 1 + e^{-\lambda t} \\ &= 1 - e^{-(\sum_{i=1}^n \lambda t)} \\ &= 1 - e^{-n\lambda t} \end{aligned}$$

$$\Rightarrow X \rightsquigarrow \exp(n\lambda)$$

## Problema 2

1. Dado que la esperanza de una exponencial es el inverso multiplicativo del parámetro, una persona racional que no le guste esperar elegiría la fila 1 porque  $\lambda > \mu$ .
2. Dado que elegí la ventanilla 1, existen 2 configuraciones en la que me voy ultimo:

- Se vaya primero el de la otra fila  $\left(P_1 = \frac{\mu}{\lambda+\mu}\right)$ .
- Se vaya primero el de mi fila y además el de la otra fila se vaya antes que yo  $\left(P_2 = \frac{\mu}{\lambda+\mu} \cdot \frac{\lambda}{\lambda+\mu}\right)$ .

Entonces, la probabilidad es:

$$P(\text{irse ultimo}) = P_1 + P_2$$

3. Llamemos a las personas que estan en la fila 1 como  $a$  y  $b$  ( $a$  antes que  $b$ ) y a la persona atendiendose en la fila 2 como  $c$ . Con esto, existen 3 configuraciones posibles para que yo me vaya último:

- $a \rightarrow b \rightarrow c$   $P_1 = \left(\frac{\lambda}{\lambda+\mu}\right)^2$
- $a \rightarrow c \rightarrow b$   $P_2 = \left(\frac{\lambda}{\lambda+\mu}\right)^2 \cdot \frac{\mu}{\lambda+\mu}$
- $c \rightarrow a \rightarrow b$   $P_3 = \left(\frac{\lambda}{\lambda+\mu}\right)^2 \cdot \frac{\mu}{\lambda+\mu}$

Finalmente, la probabilidad buscada es:

$$P = P_1 + P_2 + P_3$$

## Problema 3

(a) Definimos:

A: Se lanza dado A.

B: Se lanza dado B.

$X_i$ : Color de la cara obtenida en el lanzamiento  $i$ º.

$$X_i = \begin{cases} N & \text{negro} \\ B & \text{blanco} \end{cases}$$

$$\begin{aligned} P[X_n = N] &= P[X_n = N / A]P[A] + P[X_n = N / B]P[B] \\ &= \frac{5}{6} \cdot \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \\ &= \frac{8}{12} \\ &= \frac{2}{3} \end{aligned}$$

(b)

$$\begin{aligned} P[X_n = N \wedge X_{n+1} = N] &= P[X_n = N \wedge X_{n+1} = N / A] \cdot P[A] + P[X_n = N \wedge X_{n+1} = N / B] \cdot P[B] \\ &= P[X_n = N / A] \cdot P[X_{n+1} = N / A] \cdot P[A] + P[X_n = N / B] \cdot P[X_{n+1} = N / B] \cdot P[B] \\ &= \left(\frac{1}{2}\right)^2 \cdot \frac{1}{2} + \left(\frac{5}{6}\right)^2 \cdot \frac{1}{2} \\ &= \frac{17}{36} \end{aligned}$$

(c)

$$\begin{aligned}
P[X_{n+1} = N / \bigcap_{i=1}^n X_i = N] &= \frac{P[\bigcap_{i=1}^{n+1} X_i = N]}{P[\bigcap_{i=1}^n X_i = N]} \\
&= \frac{P[\bigcap_{i=1}^{n+1} X_i = N / A] \cdot P[A] + P[\bigcap_{i=1}^{n+1} X_i = N / B] \cdot P[B]}{P[\bigcap_{i=1}^n X_i = N / A] \cdot P[A] + P[\bigcap_{i=1}^n X_i = N / B] \cdot P[B]} \\
&= \frac{\left(\frac{5}{6}\right)^{n+1} \cdot \frac{1}{2} + \left(\frac{1}{2}\right)^{n+1} \cdot \frac{1}{2}}{\left(\frac{5}{6}\right)^n \cdot \frac{1}{2} + \left(\frac{1}{2}\right)^n \cdot \frac{1}{2}} \\
&= \frac{\left(\frac{5}{6}\right)^{n+1} + \left(\frac{1}{2}\right)^{n+1}}{\left(\frac{5}{6}\right)^n + \left(\frac{1}{2}\right)^n}
\end{aligned}$$

Tomando límite:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\left(\frac{5}{6}\right)^{n+1} + \left(\frac{1}{2}\right)^{n+1}}{\left(\frac{5}{6}\right)^n + \left(\frac{1}{2}\right)^n} = \frac{5}{6}$$

## Problema 4

1. Estamos en el caso de una carrera de exponenciales entre  $T_m \sim \text{Min}\{tm_1, \dots, tm_m\}$  y  $T_n \sim \text{Min}\{tn_1, \dots, tn_n\}$ .  
Donde:  $T_m \sim \exp(m \cdot \lambda_m)$   $T_n \sim \exp(n \cdot \lambda_n)$

$$P(T_m \leq T_n) = \frac{m \cdot \lambda_m}{m \cdot \lambda_m + n \cdot \lambda_n}$$

2. Se debe condicionar sobre el número de árboles de cada tipo plantado inicialmente  
Sea M v.a. igual al número de manzanos

$$\begin{aligned}
P(T_m \leq T_n) &= \sum_{i=0}^S P(T_m \leq T_n | M = i) \cdot P(M = i) \\
&= \sum_{i=0}^S \frac{i \cdot \lambda_m}{i \cdot \lambda_m + (S - i) \cdot \lambda_n} \cdot \binom{S}{i} p^i (1 - p)^{S-i}
\end{aligned}$$

3. Calculamos la probailidad complementaria, y aplicamos la pérdida de memoria de la exp ignorando la última fruta sean las v. a.:

$M$ : Número de manzanos plantados

$T_m$ : tiempo en que tarda en brotar la próxima manzana

$T_n$ : tiempo en que tarda en brotar la próxima naranja

$$\begin{aligned}
P(T_m < h \vee T_n < h) &= 1 - P(T_m > h \wedge T_n > h) \\
&= 1 - \sum_{i=0}^S P(T_m > h \wedge T_n > h | M = i) \cdot P(M = i) \\
&= 1 - \sum_{i=0}^S P(T_m > h | M = i) \cdot P(T_n > h | M = i) \cdot P(M = i) \\
&= 1 - \sum_{i=0}^S e^{-h \cdot \lambda_m \cdot i} \cdot e^{-h \cdot \lambda_n \cdot (s-i)} \cdot \binom{S}{i} p^i (1-p)^{S-i}
\end{aligned}$$

4. Definimos los siguientes tiempos:

$tn_i$  : tiempo que tarda en brotar la  $i$ -esima naranja desde que brotó la  $(i-1)$ -esima.

$tn_i \sim \exp(n \cdot \lambda_n)$

$Tn_i$  : tiempo que tarda en brotar la  $i$ -esima naranja.

$$Tn_i = \sum_{j=1}^i tn_j$$

$E(\text{Tiempo en obtener la primera naranja buena}) = \sum_{i=0}^{\infty} E(Tn_i | \text{han salidos } (i-1) \text{ naranjas malas y la } i \text{ es buena}) \cdot P(\text{han salidos } (i-1) \text{ naranjas malas y la } i \text{ es buena})$

$$\begin{aligned}
&= \sum_{i=0}^{\infty} E(Tn_i) \cdot b \cdot (1-b)^{i-1} \\
&= \sum_{i=0}^{\infty} \left( \sum_{j=1}^i E(tn_j) \right) \cdot b \cdot (1-b)^{i-1} \\
&= \sum_{i=0}^{\infty} \frac{i}{\lambda_n \cdot n} \cdot b \cdot (1-b)^{i-1} \\
&= \frac{b}{\lambda_n \cdot n} \cdot \sum_{i=0}^{\infty} i \cdot (1-b)^{i-1} \\
&= \frac{b}{\lambda_n \cdot n} \cdot \frac{1}{b^2} \\
&= \frac{1}{\lambda_n \cdot n \cdot b}
\end{aligned}$$

5.  $tm_i$  : tiempo que tarda en brotar la  $i$ -esima manzana desde que brotó la  $(i-1)$ -esima.

$tm_i \sim \exp((m - (i - 1)) \cdot \lambda_m)$

En particular la VA que me interesa es:  $tm_{k+1}$

$tm_{k+1} \sim \exp((m - k) \cdot \lambda_m)$

$$E(tm_{k+1}) = \frac{1}{(m-k) \cdot \lambda_m}$$

6. Por la parte 4, la esperanza de la utilidad por unidad de tiempo que tengo (por la venta de naranjas) es:

$$\begin{aligned}
E(U) &= \frac{\$100}{\frac{1}{\lambda_n \cdot n \cdot b}} \\
&= \$100 \cdot \lambda_n \cdot n \cdot b
\end{aligned}$$

Desprendiendo del resultado obtenido en la parte 4, con el agrónomo se tiene que  $b = 1$ , luego, en este caso la esperanza de la utilidad será (contando el costo por los servicios del profesional, sea \$C) por unidad de tiempo:

$$E(U) = \$100 \cdot \mu_n \cdot n - \$C$$

Luego la cantidad máxima dispuesta a pagar \$C es tal que:

$$\begin{aligned}
\$100 \cdot \lambda_n \cdot n \cdot b &< \$100 \cdot \mu_n \cdot n - \$C \\
\$C &< \$100 \cdot n \cdot (\mu_n - b \cdot \lambda_n)
\end{aligned}$$

## Problema 5

Sean las variables:

$$\begin{aligned} R &= \text{Respuesta correcta a la pregunta.} \\ A_1 &= \text{Respuesta dada por el ayudante 1 a la pregunta.} \\ A_2 &= \text{Respuesta dada por el ayudante 2 a la pregunta.} \end{aligned}$$

Tenemos que calcular:

$$P(R = d | A_1 = d \wedge A_2 = d) = \frac{P(A_1 = d \wedge A_2 = d | R = d) \cdot P(R = d)}{P(A_1 = d \wedge A_2 = d)}$$

Pero:

$$\begin{aligned} P(A_1 = d \wedge A_2 = d | R = d) &= P(A_1 \text{ diga la verdad}) \cdot P(A_2 \text{ diga la verdad}) \\ &= \frac{3}{4} \cdot \frac{4}{5} \end{aligned}$$

Y además:

$$\begin{aligned} P(R = d) &= \frac{1}{9} \\ P(A_1 = d \wedge A_2 = d) &= \sum_{r=a}^i P(A_1 = d \wedge A_2 = d | R = r) \cdot P(R = r) \\ &= \frac{3}{4} \cdot \frac{4}{5} \cdot \frac{1}{9} + \sum_{r=a \wedge i \neq d}^r \frac{1}{8} \cdot \frac{1}{8} \cdot \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{5} \cdot \frac{1}{9} \end{aligned}$$

Entonces:

$$\begin{aligned} P(A_1 = d \wedge A_2 = d | R = d) &= \frac{\frac{1}{15}}{\frac{1}{1440} + \frac{1}{15}} \\ &= \frac{96}{97} \end{aligned}$$