Grado en Ingeniería Informática del Software

Redes Bayesianas

Sistemas Inteligentes

Informe Práctica de RB

Autor: Carlos Sanabria Miranda UO250707

Tabla de contenido

Parte Obligatoria

Probabilidades

Ejercicio 1

Utilizando la red que has creado, calcula: Si el granjero tiene toros, la vaca no tiene sangre “rara” y su muestra de sangre es anómala, ¿cuál es la probabilidad de que la vaca esté preñada?

P(P/HT, ~SR, AS=”anomalia”) = 0.25

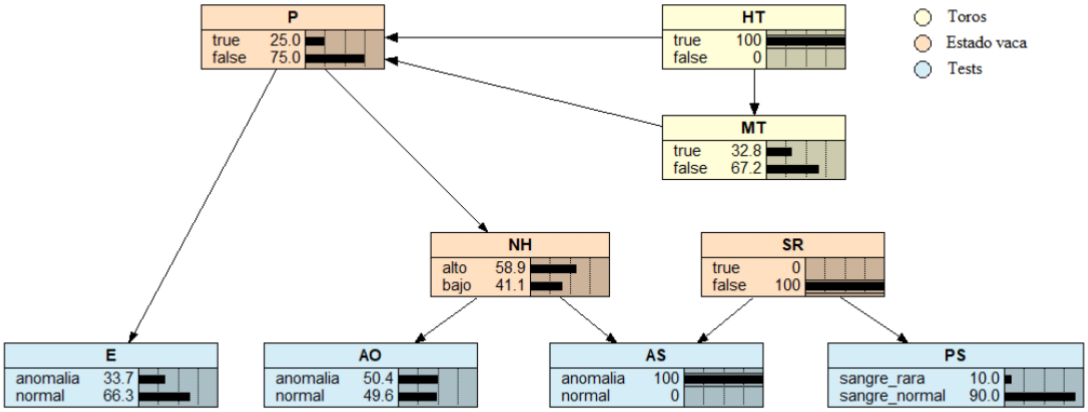


Ilustración 1: Resolución Ejercicio 1 usando Netica.

Ejercicio 2

¿Y si no sabemos nada acerca de la sangre rara, pero el test dice que sí la tiene?

P(P/HT, PS=”sangre_rara”, AS=”anomalia”) = 0.184

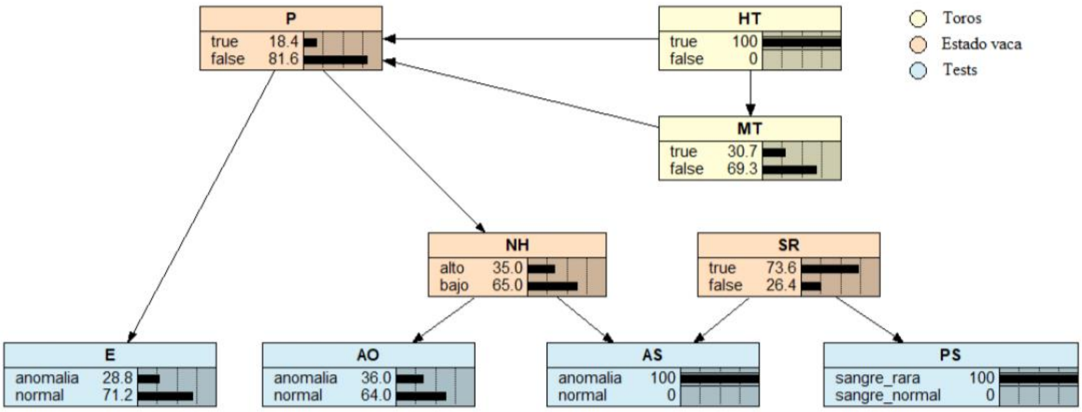


Ilustración 2: Resolución Ejercicio 2 usando Netica.

Ejercicio 3

Apoyándote en la ventana de mensajes de Netica, crea la distribución conjunta para el subconjunto de variables (MT, E, AS).

MT	E	AS	P(MT, E, AS)
T	anomalia	anomalia	1.91754 %
T	anomalia	normal	4.83246 %
T	normal	anomalia	2.33406 %
T	normal	normal	8.91594 %
F	anomalia	anomalia	3.65346 %
F	anomalia	normal	12.0965 %
F	normal	anomalia	13.4349 %
F	normal	normal	52.8151 %
Totales:			$\boldsymbol{\Sigma = 99.99996\% \approx 100\%}$

Inferencia exacta

Ejercicio 4

Elige un valor para cada una de las variables y calcula a mano la probabilidad: $\boldsymbol{P(HT, \neg MT, P, \neg E, \neg NH, \neg AO, AS, \neg SR, \neg PS)}$.

$$P(HT, \sim MT, P, \sim E, \sim NH, \sim AO, AS, \sim SR, \sim PS) =$$

$$= P(HT) \circ P(\sim MT/HT) \circ P(P/HT, \sim MT) \circ P(\sim E/P) \circ P(\sim NH/P) \circ$$

$$\circ P(\sim AO/\sim NH) \circ P(AS/\sim NH, \sim SR) \circ P(\sim SR) \circ P(\sim PS/\sim SR) \equiv$$

$$\equiv P(HT) \circ P(\sim MT/HT) \circ P(P/HT, \sim MT) \circ P(E=\text{"normal"}/P) \circ$$

$$\circ P(NH=\text{"bajo"}/P) \circ P(AO=\text{"normal"}/NH=\text{"bajo"}) \circ$$

$$\circ P(AS=\text{"anomalia"}/NH=\text{"bajo"}, \sim SR) \circ P(\sim SR) \circ P(PS=\text{"sangre\_normal"}/\sim SR) =$$

$$= 0.6 \circ 0.7 \circ 0.1 \circ 0.1 \circ 0.4 \circ 0.85 \circ 0.1 \circ 0.95 \circ 0.9 = \boxed{0.0000122094} = \boxed{0.00122094\%}$$

Ilustración 3: Resolución Ejercicio 4 realizado a mano.

Ejercicio 5

Explica cómo sería el procedimiento si lo que quisieses calcular fuese la probabilidad condicionada: $\boldsymbol{P(AS|AO,\neg P)}$**.**

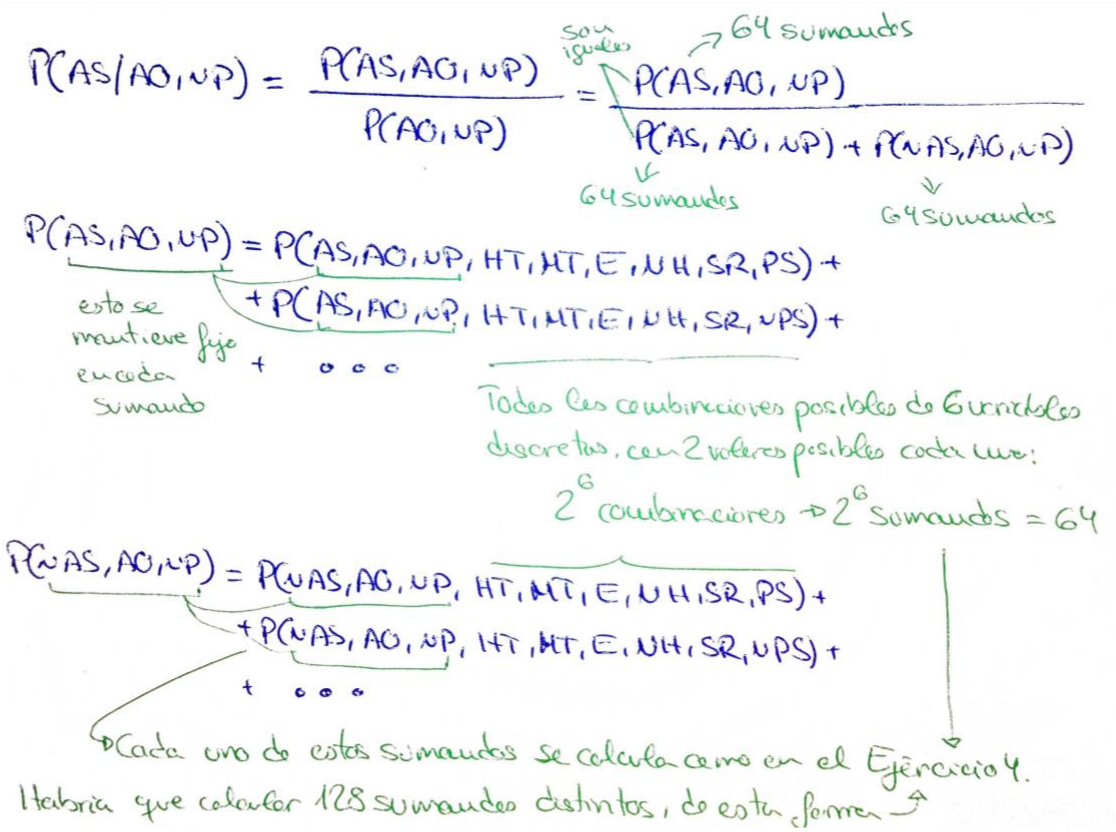


Ilustración 4: Resolución Ejercicio 5 realizado a mano.

Primero se aplica la regla de la probabilidad condicional. La probabilidad del denominador (P(AO, ~P)) es equivalente a la suma de las probabilidades de todas las posibles combinaciones de AO y ~P con el resto de variables, tomando éstas todos sus posibles valores.

Para que se vea mejor, lo que se ha hecho es combinar primero AO y ~P con todos los posibles valores de la variable AS (que aparece en el numerador), con lo que el denominador nos queda así: P(AS, AO, ~P) + P(~AS, AO, ~P). Se puede apreciar como la probabilidad P(AS, AO, ~P) aparece tanto en el numerador como en el denominador, por lo que solo sería necesario calcularla una vez. Cada una de esas dos probabilidades (P(AS, AO, ~P) y P(~AS, AO, ~P)) se descompone a su vez en 64 sumandos, que son las probabilidades de todas las combinaciones entre dichos valores para esas 3 variables y el resto de variables, tomando éstas todos sus posibles valores (el resto de variables de la red bayesiana son 6, y cada una de ellas puede tomar 2 posibles valores, por lo que el número de combinaciones es de 2^6 = 64).

Por tanto, en total hay que calcular 128 probabilidades distintas, y cada una de estas probabilidades se calcularía utilizando la regla de la cadena, de forma similar a la explicada en el Ejercicio 4.

Independencia

Ejercicio 6

Siguiendo la condición de Markov, ¿qué valores debería conocer si quiero afirmar que E y PS son independientes?

El valor de P, o el valor de SR, pero no ambos a la vez, y no deberías conocer ningún otro valor más.

¿Y para afirmar que MT y AS lo son?

El valor de NH y SR, y no deberías conocer ningún otro valor más.

(No nos vale con conocer HT, dado que AS es descendiente de MT)

Ejercicio 7

Apoyándote en el concepto de D-separación, ¿crees que P y AS son independientes? Explica por qué.

No.

El único camino entre P y AS es el siguiente: P → NH → AS.

En dicho camino no hay ningún bloqueo, ya que el camino pasa por el nodo NH con flechas de tipo no cabeza-cabeza, y NH no está observado. Por tanto, como hay al menos un camino no bloqueado, las variables P y AS no son independientes.

Ejercicio 8

Apoyándote en el concepto de D-separación, ¿crees que P y PS son independientes? Explica por qué.

Sí.

El único camino entre P y PS es el siguiente: P → NH → AS ← SR → PS.

En dicho camino hay un bloqueo, ya que el camino pasa por el nodo AS con flechas de tipo cabeza-cabeza, y el nodo AS no está observado, ni tampoco están observados ninguno de sus descendientes (no tiene descendientes). Por tanto, como todos los caminos entre las variables P y PS están bloqueados, las variables P y PS son independientes.

¿Y si conociésemos AS?

No.

El único camino entre P y PS es el siguiente: P → NH → AS ← SR → PS.

En dicho camino no hay ningún bloqueo. Los 3 nodos intermedios son NH, AS y SR. Se ha analizado para cada uno de ellos si existe un bloqueo:

- El camino pasa por el nodo NH con flechas de tipo no cabeza-cabeza, y NH no está observado. Por tanto, no hay bloqueo.
- El camino pasa por el nodo AS con flechas de tipo cabeza-cabeza, y AS está observado. Por tanto, no hay bloqueo.

- El camino pasa por el nodo SR con flechas de tipo no cabeza-cabeza, y SR no está observado. Por tanto, no hay bloqueo.

Como hay al menos un camino no bloqueado, las variables P y PS no son independientes.

Inferencia aproximada

Ejercicio 9

Dar un traza de ejemplo de cómo generar una posible muestra estocástica para calcular $P(MT|E,\neg AS)$. Deberás indicar, en cada paso, el numero aleatorio que ha salido y por qué has asignado cada valor a cada variable.

$P(MT/E, \neg AS)$ con Muestreo estocástico.

1º Orden topológico:

HT - SR - MT - P - E - $\neg$H - AO - AS - PS

2º Generar una muestra:

Secuencia de nº aleatorios: 0.98, 0.24, 0.91, 0.95, 0.29, 0.13, 0.27, 0.80, 0.38.

HT = F → P(HT) = 0.60, y 0.98 > 0.60, por lo que HT = F.

SR = F → P(SR) = 0.05, y 0.24 > 0.05, por lo que SR = F.

sabemos que HT = F.

MT = F → P(MT/$\neg$HT) = 0, y 0.91 > 0, por lo que MT = F.

P = F → P(P/$\neg$HT, $\neg$MT) = 0.01, y 0.95 > 0.01, por lo que P = F.

E = "anomalía" → P(E = "anomalía"/$\neg$P) = 0.15, y 0.29 > 0.15, por lo que E = "anomalía"

$\neg$H = "alto" → P($\neg$H = "alto"/$\neg$P) = 0.20, y 0.13 ≤ 0.20, por lo que $\neg$H = "alto"

AO = "anomalía" → P(AO = "anomalía"/$\neg$H = "alto") = 0.75, y 0.27 ≤ 0.75, por lo que AO = "anomalía".

AS = "normal" → P(AS = "anomalía"/$\neg$SR, $\neg$H = "alto") = 0.40, y 0.80 > 0.40, por lo que AS = "normal".

PS = "sangre-normal" → P(PS = "sangre-rara"/$\neg$SR) = 0.10, y 0.38 > 0.10, por lo que PS = "sangre-normal".

Ilustración 5: Resolución Ejercicio 9 realizado a mano (parte 1).

3° Calcular la probabilidad aproximada.

$$P(MT / E=\text{"anomalía"}, AS=\text{"normal"}) = \frac{P(MT, E=\text{"anomalía"}, AS=\text{"normal"})}{P(E=\text{"anomalía"}, AS=\text{"normal"})} \approx$$

$$\approx \frac{\frac{N_s}{N}}{\frac{N_c}{N}} = \frac{N_s \cdot \cancel{N}}{N_c \cdot \cancel{N}} = \frac{N_s}{N_c} = \frac{0}{1} = \boxed{0}$$

$N \equiv$ Nº muestras $= 1$.

$N_s \equiv$ Nº muestras en las que se cumple HT, E="anomalía y AS="normal".

$N_c =$ Nº muestras en las que se cumple E="anomalía" y AS="normal".

Ilustración 6: Resolución Ejercicio 9 realizado a mano (parte 2).

Ejercicio 10

Repetir el apartado anterior, pero utilizando el método de ponderación de la verosimilitud. Se deberá utilizar la misma secuencia de números aleatorios.

P(MT/E, ¬AS) con Ponderación de la Verosimilitud

1° Orden topológico:

HT - SR - MT - P - E - NH - AO - AS - PS

2° Generar una muestra:

Secuencia de nº aleatorios: 0.98, 0.24, 0.91, 0.95, 0.29, 0.13, 0.27, 0.80, 0.38.

$\omega = 1$

HT = F → P(HT) = 0.60, y 0.98 > 0.60, por lo que HT = F.

SR = F → P(SR) = 0.05, y 0.24 > 0.05, por lo que SR = F.

MT = F → P(MT / ¬HT) = 0, y 0.91 > 0, por lo que MT = F.

P = F → P(P / ¬HT, ¬MT) = 0.01, y 0.95 > 0.01, por lo que P = F.

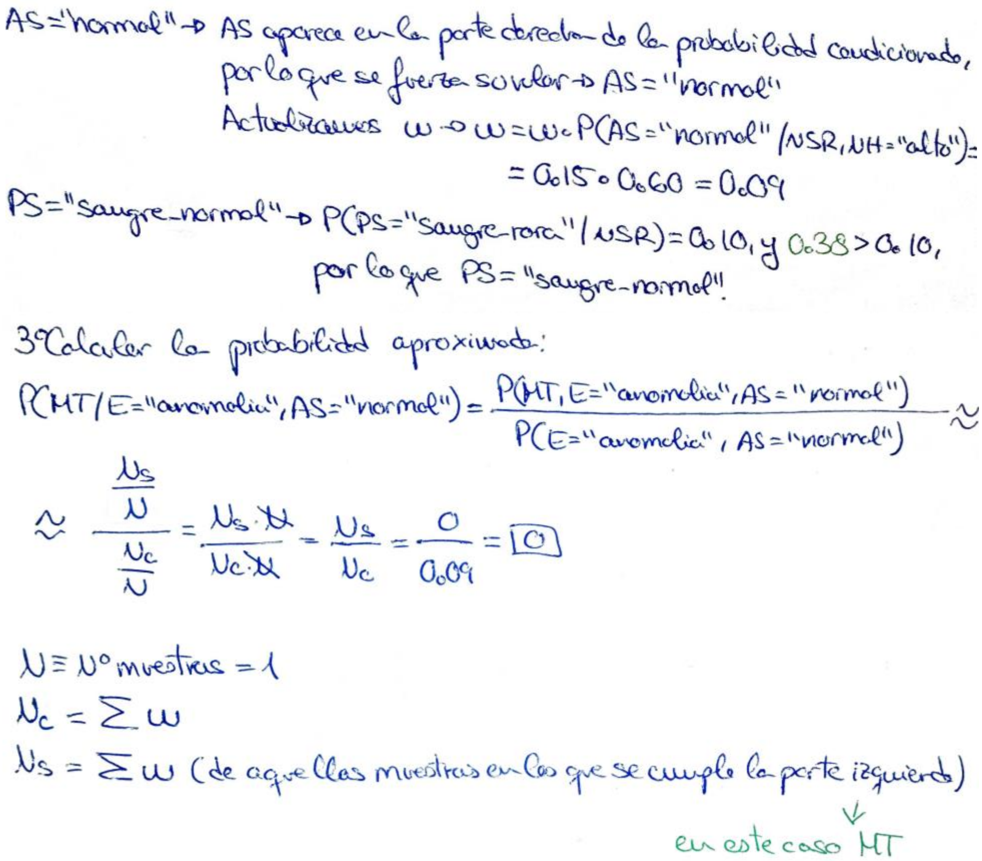
E = "anomalía" → E es una variable que aparece en la parte derecha de la probabilidad condicionada, por lo que se fuerza a que su valor sea el que tiene en la probabilidad que queremos calcular → E = "anomalía".

Actualizamos ω → ω = ω · P(E="anomalía" / ¬P) = = 1 · 0.15 = 0.15

NH = "alto" → P(NH="alto" / ¬P) = 0.20, y 0.13 ≤ 0.20, por lo que NH = "alto".

AO = "anomalía" → P(AO="anomalía" / NH="alto") = 0.75, y 0.27 ≤ 0.75, por lo que AO = "anomalía".

Ilustración 7: Resolución Ejercicio 10 realizado a mano (parte 1).


AS="normal" → AS aparece en la parte derecha de la probabilidad condicionada, por lo que se fuerza su valor → AS="normal"
Actualizamos $\omega \rightarrow \omega = \omega \cdot P(AS=\text{"normal"} / NSR, NH=\text{"alto"}) =$
$= 0{,}15 \cdot 0{,}60 = 0{,}09$
PS="sangre_normal" → P(PS="sangre-rara"/NSR) = 0,10, y 0,38 > 0,10, por lo que PS="sangre-normal"

3º Calcular la probabilidad aproximada:

$$P(MT/E=\text{"anomalía"}, AS=\text{"normal"}) = \frac{P(MT, E=\text{"anomalía"}, AS=\text{"normal"})}{P(E=\text{"anomalía"}, AS=\text{"normal"})} \approx$$

$$\approx \frac{\frac{N_s}{N}}{\frac{N_c}{N}} = \frac{N_s \cdot \cancel{N}}{N_c \cdot \cancel{N}} = \frac{N_s}{N_c} = \frac{0}{0{,}09} = \boxed{0}$$

$N \equiv$ Nº muestras $= 1$
$N_c = \sum \omega$
$N_s = \sum \omega$ (de aquellas muestras en las que se cumple la parte izquierda)
en este caso MT

Ilustración 8: Resolución Ejercicio 10 realizado a mano (parte 2).

Ejercicio 11

Por ultimo, indica qué ventajas tiene el método de ponderación de la verosimilitud sobre el muestreo estocástico.

Con Muestro estocástico, si se quiere calcular $P(E_1/E_2) = \frac{P(E1,E2)}{P(E2)}$, si la probabilidad de alguno de los elemento de E_2 es muy baja, en la mayoría de muestras no se va a cumplir E_2 y, por tanto, tampoco se van a cumplir $P(E_1, E_2)$ y $P(E_2)$ en esas muestras. Esto hace que esas muestras no modifiquen el valor ni de Ns ni de Nc, dado que suman 0 a dichos valores. En el caso más extremo, puede que en ninguna muestra se cumpla E_2 y el resultado final sea $\frac{0}{0}$, lo cual daría error. (Una posible mejora podría ser descartar aquellas muestras en las cuales no se cumpla E_2, pero habría que generar entonces muchas más muestras para sustituir a las descartadas).

Ponderación de la verosimilitud no tiene este problema, dado que E_2 se cumple en todas las muestras. Al forzar a que todas las muestras cumplan la parte derecha de la probabilidad a calcular (E_2) consigue que todas las muestras aporten algo a los valores de Ns y Nc.[1]

[1] Cada muestra se pondera con la probabilidad de que suceda E_2 en función del valor que tengan sus padres en la muestra actual.

Parte Opcional

Explicación general

La red bayesiana implementada tiene como objetivo principal predecir la probabilidad de que una determinada persona tenga un **accidente de coche** al conducir en **Asturias**, teniendo en cuenta que dicha persona es mayor de edad, tiene carné de conducir, y es la que conduce el coche.

La red está formada por las siguientes 9 variables aleatorias:

- FSF (Fin de semana o festivo): Probabilidad de que un día sea fin de semana o festivo o, por el contrario, sea un día laborable. Los fines de semana o festivos se incrementa el consumo de alcohol y drogas.
- E (Edad): Probabilidad de que un habitante de Asturias esté en uno de los 3 siguientes rangos de edades:
    - Entre 18 y 29 años
    - Entre 30 y 59 años
    - Más de 60 años

  La edad influye directamente en el consumo de alcohol y drogas, así como en la probabilidad de que coja el coche.
- S (Sexo): Probabilidad de que un habitante de Asturias tenga sexo masculino (M) o femenino (F). Está probado científicamente que las mujeres toleran peor el alcohol, por lo que tienen mayor probabilidad de tener un nivel de alcohol en sangre superior a 0.08g/dL, en caso de haber consumido alcohol [1].
- CD (Consumo de drogas): Probabilidad de que esa persona haya consumido algún tipo de droga. Afecta directamente a la probabilidad de tener un accidente y de coger el coche.
- CA (Consumo de alcohol): Probabilidad de que esa persona haya consumido alcohol. Afecta directamente al nivel de alcohol en sangre y a la probabilidad de coger el coche.
- AS (Nivel de alcohol en sangre superior a 0.08g/dL): Probabilidad de que esa persona tenga un nivel de alcohol en sangre superior a 0.08g/dL, que es el mayor valor de alcohol en sangre reconocido como legal en muchas partes del mundo. Se ha escogido 0.08 dado que, cuando se alcanza dicho valor, la coordinación se ve notablemente afectada [1]. En caso de que la persona no haya consumido alcohol, el nivel de alcohol en sangre será de 0. Afecta directamente a la probabilidad de tener un accidente.
- LL (Llueve): Probabilidad de que llueva. Afecta directamente a la probabilidad de tener un accidente, dado que hace que el coche se adhiera peor a la carretera y disminuye la visibilidad.
- CC (Coger el coche): Probabilidad de que esa persona coja el coche. Se ve claramente influida por la edad y el consumo de alcohol y/o drogas (si has consumido alguna de estas sustancias sabes que no deberías coger el coche).
- TA (Tener un accidente): Probabilidad de tener un accidente de coche, en caso de haberlo cogido (si no se coge el coche dicha probabilidad es 0).

Posibles usos de la red:

Podría ser utilizada por la DGT para lanzar campañas de marketing en fechas concretas, como fines de semana o festivos, pudiendo advertir a los conductores del riesgo que tiene el consumo de este tipo de sustancias al coger el coche, dando estadísticas realistas de las probabilidades de sufrir un accidente si se consumen. Pueden utilizarla también para aumentar los controles de tráfico en dichas fechas, evitando posibles accidentes.

También podría ser utilizada por compañías de seguros, para analizar cómo de probable es que alguien tenga un accidente en función de su edad y/o sexo. Aunque realmente la red está mas centrada en lo anterior, dado que tienen más peso el consumo de sustancias y la lluvia, que son las que afectan directamente a la probabilidad de tener un accidente (no se ha considerado que influya directamente la edad en la probabilidad de accidente, porque era complicar mucho la red, aunque realmente personas muy mayores deberían tener una probabilidad más alta, por ejemplo).

Curiosidades:

- Las mujeres tienen una probabilidad un 1.18% mayor que los hombres de sufrir un accidente, y todo debido a que toleran peor el alcohol.

Estimaciones de las probabilidades

Las probabilidades de las variables de la red se han estimado de la siguiente manera:

- FSF (Fin de semana o festivo): Se ha utilizado la página [4] para determinar el número de días laborables en Asturias en 2018, que son 252. Por tanto, $\mathrm{P}(\sim\mathrm{FSF}) = \frac{252}{365} = 0.69$ y $\mathrm{P}(\mathrm{FSF}) = 0.31$.
- E (Edad): Se ha utilizado la información disponible en [3], que ofrece los porcentajes de población en las distintas comunidades autónomas en rangos de edades de 15 años. Se ha descartado el rango 0-14, que tiene un porcentaje de 11.1%, por lo que el restante (rango 15-75+) es un 88.2% (no suma exactamente 100%). Con unas simples reglas de 3 se puede determinar que, de las personas mayores de 14 años, el rango entre 15-29 está formado por un 13.4% de la población, el rango 30-59 por un 51.24%, y el rango 60+ por un 35.36%. Se ha asumido que el rango 15-29 representa al rango 18-29, dado que solo se dispone de datos con rangos muy amplios.
- S (Sexo): Se ha utilizado la información disponible en [2], que establece que el 52.3% de la población asturiana son mujeres, y el 47.7% restante son hombres.
- CD (Consumo de drogas): Según [5] el 31.3% de la población española ha consumido algún tipo de droga ilegal en el último mes (casi 1 de cada 3). Se ha establecido como % máximo de consumo de drogas el 40%, que corresponde a personas jóvenes durante un fin de semana o festivo, y el resto de las probabilidades se han estimado disminuyendo dicho %, teniendo en cuenta que a medida que se incrementa la edad se puede suponer que se consume menos, y que los días laborables también disminuye dicho consumo.
- CA (Consumo de alcohol): Según [6] podemos observar como el 71.9% de las personas que viven en Asturias han consumido alcohol en los últimos 30 días.

También se puede observar como los fines de semana se consume más alcohol y que, a mayor edad, más se consume, aunque vamos a suponer que personas mayores de 59 años consumen menos que el resto. Por tanto, establecemos ese 72% como probabilidad de que una persona entre 30 y 59 consuma alcohol un fin de semana o festivo, y a partir de ahí vamos variando el resto de % en función de la edad y el día.

- AS (Nivel de alcohol en sangre superior a 0.08g/dL): Según [1] las mujeres toleran peor el alcohol que los hombres, por lo que, consumiendo la misma cantidad, su nivel de alcohol en sangre será mayor (esto es entre otras cosas por el % de grasa que, para un mismo peso, es superior en las mujeres, y este tipo de tejido no absorbe el alcohol, por lo que se concentra más en la sangre). Basándonos en las tablas de [1] vamos a estimar que las mujeres tienen un 20% más de probabilidades de superar los 0.08g/dL al haber consumido alcohol que los hombres. Si no se consume alcohol, la probabilidad de superar los 0.08g/dL es 0.
- LL (Llueve): Se ha hecho una estimación de que más o menos un 65% de los días en Asturias son lluviosos.
- CC (Coger el coche): Se ha estimado teniendo en cuenta que las personas de entre 30 y 59 años cogen más el coche que las de entre 18 y 29, y estás últimas lo cogen más que las de 60+. El hecho de haber consumido drogas y/o alcohol disminuye la probabilidad de que cojan el coche, sobre todo en las personas mayores de 29, dado que son más responsables que las personas entre 18 y 29.
- TA (Tener un accidente): Según [6] los días lluviosos incrementan hasta un 7% los accidentes. Se ha estimado que la probabilidad de tener un accidente en condiciones normales (sin consumir ninguna sustancia) y sin lluvia es del 5%, y en condiciones normales y con lluvia es del 12% (la lluvia incrementa la probabilidad un 7%).
  Según [7] "es tres veces más probable que alguien tenga un accidente con cannabis que sin él", por lo que se va a estimar que, si se ha consumido algún tipo de droga, la probabilidad de accidente se multiplica por 3.
  Según [8] con 0.08g/dL de alcohol en sangre el riesgo de accidente se multiplica por 4.5, por lo que se va a utiliza dicha estimación.
  En el caso de que llueva y la persona que conduce haya consumido alcohol y drogas, como 12% * 3 * 4.5 > 100 se va a utilizar como estimación 80%, dado que la misma situación sin lluvia tiene una estimación de 67.5%.

Ejemplos de uso

- Comparar la probabilidad de accidente sabiendo que el día es fin de semana o festivo, y al contrario. Los fines de semana o festivos la probabilidad es de 7.46%, mientras que los días laborables es de 7.14%. Es una diferencia muy pequeña, pero porque en general la probabilidad de que esa persona coja el coche es del 42.1%. Si sabemos que va a coger el coche sí o sí los porcentajes se incrementan: los fines de semana o festivos la probabilidad es de 19.9%, mientras que los días laborables es de 16.2%. Si además sabemos que va a llover: los fines de semana o festivos la probabilidad es de 24.5%, mientras que los días laborables es de 20.1%. Toda esta información puede ser usada por la DGT para realizar más controles o dar avisos a los conductores durante esos días concretos.

- Sabiendo que se coge el coche, hay una probabilidad del 11.5% de tener un accidente sabiendo que su nivel de alcohol en sangre menor o igual a 0.08g/dL, mientras que si es superior a 0.08g/dL la probabilidad sube hasta el 46.4%. Por otro lado, sabiendo que se coge el coche, hay una probabilidad del 15% de tener un accidente sabiendo que no ha consumido drogas, mientras que si las ha consumido la probabilidad sube hasta el 36.4%. Por tanto, las campañas de la DGT deberían centrarse sobretodo en advertir sobre el consumo excesivo de alcohol, pues es el que más influencia tiene en los accidentes.
- Para una compañía de seguros, las mujeres de entre 18 y 29 años son las que mayor probabilidad tienen de tener un accidente (21.4%), y por tanto son a las que más deberían cobrar, frente a los hombres mayores de 60 años, que son los que menor probabilidad tienen (12.8%), y por tanto a los que menos deberían cobrar (hay que recordar que no se ha considerado que influya directamente la edad en la probabilidad de accidente).

Independencia de variables

Comprobar que dos variables son independientes utilizando la condición de Markov.

Las variables CC y FSF son independientes si conocemos el valor de CD, E y CA, y ningún otro valor más.

Utilizar el método de D-separación, pero haz que en un caso sean independientes y en el otro no. Elige las variables que desees, y también las variables conocidas que desees.

Las variables seleccionadas son CD y CA. Entre ambas hay 10 caminos posibles:

1. CD → TA ← CC ← CA
2. CD → TA ← CC ← E → CA
3. CD → TA ← AS ← CA
4. CD ← E → CA
5. CD ← E → CC ← CA
6. CD ← E → CC → TA ← AS ← CA
7. CD ← FSF → CA
8. CD → CC ← CA
9. CD → CC → TA ← AS ← CA
10. CD → CC ← E → CA

Sin conocer ninguna variable, las variables CD y CA son dependientes, ya que hay al menos un camino entre ambas variables que no tiene bloqueo: el camino CD ← E → CA, que pasa por el nodo E con flechas de tipo no cabeza-cabeza, y E no está observada, por lo que no hay bloqueo.

Conociendo E y FSF las variables CD y CA son independientes, dado que todos los caminos tienen algún bloqueo:

- TA no está observada, por lo que bloquea los caminos 1, 2, 3 y 9, ya que esos caminos pasan por el nodo TA con flechas de tipo cabeza-cabeza, y ni TA ni ninguno de sus descendientes (no tiene) están observados.
- E está observada, por lo que bloquea los caminos 4, 5 y 6, ya que esos caminos pasan por el nodo E con flechas de tipo no cabeza-cabeza y E está observada.
- FSF está observada, por lo que bloquea el camino 7, ya que ese camino pasa por el nodo FSF con flechas de tipo no cabeza-cabeza y FSF está observada.
- CC no está observada, por lo que bloquea los caminos 8 y 10, ya que esos caminos pasan por el nodo CC con flechas de tipo cabeza-cabeza, y ni CC ni ninguno de sus descendientes (TA) están observados.

Referencias

[1] Blood alcohol content. A DrinkingAndDriving.Org Article. http://www.drinkinganddriving.org/Articles/blood-alcohol-content.html [Consultado el 22 de noviembre de 2018]

[2] IDEPA: Demografía y población. https://www.idepa.es/conocimiento/asturias-en-cifras/demografia [Consultado el 22 de noviembre de 2018]

[3] Ministerio de educación y FP: Distribución de la población por edad por Comunidad Autónoma. http://www.educacionyfp.gob.es/dam/jcr:6dc7163b-390f-4916-ab44-47e62fe28331/1.3.1.%20poblacion%20edad%202017.pdf [Consultado el 22 de noviembre de 2018]

[4] Días laborables en año 2018 en España | Principado de Asturias. http://www.dias-laborables.es/dias_laborables_feriados_2018_Principado%20de%20Asturias.htm [Consultado el 22 de noviembre de 2018]

[5] Verne (El País): Cómo nos drogamos en España: a los adultos se las recetan y los jóvenes prueban los porros. https://verne.elpais.com/verne/2017/02/06/articulo/1486398588_035997.html [Consultado el 22 de noviembre de 2018]

[6] La lluvia en los accidentes de tráfico http://www.loaseguro.com/seguros-de-coche/lluvia-accidentes-trafico/#.W_Z-YS22DRY [Consultado el 22 de noviembre de 2018]

[7] El Confidencial: España tiene un problema: el 40% de los muertos de tráfico consumió droga o alcohol https://www.elconfidencial.com/espana/2017-01-04/trafico-siniestralidad-accidente-carretera-drogas-alcohol_1311951/ [Consultado el 22 de noviembre de 2018]

[8] CuidatePlus: El alcohol, principal factor de riesgo para sufrir un accidente de tráfico. https://cuidateplus.marca.com/bienestar/2003/04/15/alcohol-principal-factor-riesgo-sufrir-accidente-trafico-4378.html [Consultado el 22 de noviembre de 2018]