



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO



Facultad de Ingeniería Eléctrica

Materia: Modelos Probabilistas

Profesor: M.S.C Mauricio René Reyes Gutiérrez

Proyecto final: Manual de usuario

Alumno: **Fabián Ayala Saucedo**

Grupo: 803

Manual de usuario (Introducción)	3
Interfaz de inicio.....	4
Redes Bayesianas: Algoritmo 1 Enumeración para inferencia exacta.....	4
Redes Bayesianas: Algoritmo 2 Eliminación de Variables.....	7
Visualización Redes Bayesianas	8
Ejemplo con valores modificados (Redes Bayesianas)	9
Algoritmo 1.....	9
Algoritmo 2.....	9
Cadenas de Markov: Algoritmo 4 Cadenas de Markov de Primer Nivel.....	10
Cadenas de Markov: Algoritmo 5 Matriz de transición de Estados.....	13
Cadenas de Markov: Algoritmo 6 Probabilidades Estacionarias.....	15
Visualización Cadenas de Markov	16
Ejemplo con valores modificados (Cadenas de Markov)	17
Algoritmo 4.....	17
Algoritmo 5.....	18
Algoritmo 6	18
Visualización.....	19
Preguntas frecuentes.....	19
¿Funciona en celular?.....	19
¿Sirve en cualquier navegador?.....	19
¿Como se borran los valores modificados de las matrices?	19
¿Se necesita internet?.....	19

Manual de usuario (Introducción)

Este aplicación web es una guía práctica y visual para aprender los conceptos básicos de dos modelos probabilistas: las Cadenas de Markov y las Redes Bayesianas. Tiene como objetivo conocer las probabilidades de dos problemas, red bayesiana alarma-terremoto-ladrón y cadena de Markov para compras online.

La aplicación está desarrollada en HTML, CSS y JavaScript y alojada en GitHub Pages

En el caso del modelo de redes bayesianas se desarrollaron los algoritmos de: Enumeración para inferencia exacta y Eliminación de variables Y en el modelo de cadenas de Markov se implementaron los algoritmos de: Cadenas de Markov de primer orden, Matriz de transición de estados y Probabilidades estacionarias.

Cada uno de los algoritmos ofrece una visualización, en redes bayesianas ofrece ver el grafo resultante con sus tablas de probabilidad condicional y en cadenas de Markov ofrece el diagrama de cadenas de Markov y la matriz de transición.

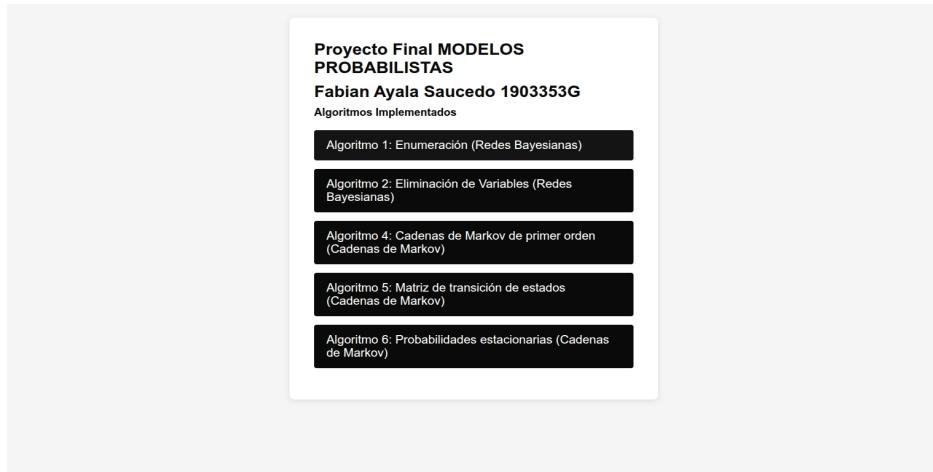
Interfaz de inicio

Para usar esta aplicación web no se necesita instalar nada, solo es necesario abrir cualquier navegador y entrar a este enlace:

https://fabianayala1903353g.github.io/Proyecto_Modelos_Probabilistas/

🔗 https://fabianayala1903353g.github.io/Proyecto_Modelos_Probabilistas/

Al entrar se verá esto



Se muestra la página principal con acceso a todos los algoritmos implementados, al hacer click en uno de los botones se podrá entrar a la aplicación del algoritmo.

Redes Bayesianas: Algoritmo 1 Enumeración para inferencia exacta

Este algoritmo calcula probabilidades exactas usando el método de enumeración completa

1. **Enumera todas las combinaciones posibles** de valores para las variables ocultas (las que no son ni objetivo ni evidencia)
2. **Para cada combinación**, calcula la probabilidad conjunta multiplicando:
 - $P(\text{Variable objetivo} \mid \text{sus padres})$
 - $P(\text{Cada variable oculta} \mid \text{sus padres})$
 - $P(\text{Evidencia} \mid \text{sus padres})$
3. **Suma todas las probabilidades** de las combinaciones donde la variable objetivo es verdadera
4. **Normaliza** dividiendo entre la suma total para obtener $P(\text{Objetivo} \mid \text{Evidencia})$

En la aplicación está dado el ejemplo de alarma-terremoto-ladrón La red bayesiana modela un sistema de alarma con las siguientes variables:

Terremoto (T): Probabilidad de que ocurra un terremoto

Robo (R): Probabilidad de que ocurra un robo

Alarma (A): Se activa si hay terremoto O robo

Juan Llama (J): Juan llama si escucha la alarma

María Llama (M): María llama si escucha la alarma

Para entrar al algoritmo de enumeración se debe hacer click en el botón

Algoritmo 1: Enumeración (Redes Bayesianas)



Al entrar se vera esto:

Botón para volver a inicio

Botón para editar probabilidades del grafo

Grafo del ejemplo

Seleccionar la variable objetivo

Seleccionar la variable evidencia

Botón para realizar ejecución del algoritmo

Algoritmo 1: Enumeración para Inferencia Exacta
Red Bayesianas

Red Bayesiana: Alarma-Terremoto-Robo

Variable a Consultar: Robo

Evidencia:
 Juan llamó
 María llamó

Ejecutar Algoritmo

El programa ya trae un ejemplo con valores dados pero si se quieren modificar se puede hacer en el botón Editar probabilidades

Editar Probabilidades

Al hacer click se abrirá una interfaz para editar los valores de las probabilidades del problema

Editor de Probabilidades

Probabilidades Previas

P(Terremoto = true):

0.002

P(Robo = true):

0.001

P(Alarma = true | Terremoto, Robo)

T=false, R=false:

0.001

T=false, R=true:

0.94

T=true, R=false:

0.29

T=true, R=true:

0.95

P(Juan Llama = true | Alarma)

Alarma = false:

0.05

Alarma = true:

0.90

P(María Llama = true | Alarma)

Alarma = false:

0.01

Alarma = true:

0.70

NOTA: EN CASO DE QUERER PONER UNA PROBABILIDAD MENOR A 0 O MAYOR A 1 SALDRÁ ESTE AVISO

JavaScript de
"https://fabianayala1903353g.github.io"

Error: Todos los valores de probabilidad deben estar entre 0 y 1

Confirmar

SOLO TIENE QUE HACER CLICK EN CONFIRMAR PARA CONTINUAR USANDO EL PROGRAMA

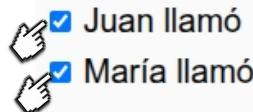
Una vez editadas las probabilidades (en caso de haberlo hecho) se puede seleccionar la variable objetivo, la variable de la cual desea calcular la probabilidad (Robo, terremoto o alarma)

Variable a Consultar:

Robo
Robo
Terremoto
Alarma

Tambien se puede marcar las variables evidencia, es decir lo que sabemos que es verdadero

Evidencia:



Una vez obtenidas las probabilidades y las variables deseadas, se debe dar click al botón ejecutar algoritmo

Ejecutar Algoritmo



Al hacerlo desplegará las operaciones que realizó el programa y el resultado de la probabilidad objetivo

Resultados

Consulta: P(Robo | LlamaJuan, LlamaMaria)

Proceso de cálculo:

```

Variables: Terremoto, Robo, Alarma, LlamaJuan, LlamaMaria
Query: Robo
Evidencia: LlamaJuan=true, LlamaMaria=true
Variables ocultas: Terremoto, Alarma

Calculando P(Robo=true | evidencia):
Comb 1: Terremoto=false, Alarma=false
P(Terremoto=false) * P(Robo=true)=1.00e-3 * P(Alarma=false|Terremoto=false,Robo=true)=0.500e-1 *
P(LlamaJuan=true|Alarma=false)=0.00e-1 * P(LlamaMaria=true|Alarma=false)=7.00e-1
= 1.197e-6
Comb 2: Terremoto=true, Alarma=false
P(Terremoto=true) * P(Robo=false)=1.00e-3 * P(Alarma=false|Terremoto=true,Robo=false)=5.00e-2 *
P(LlamaJuan=true|Alarma=false)=5.00e-2 * P(LlamaMaria=true|Alarma=false)=1.00e-1
= 5.000e-11
Comb 3: Terremoto=false, Alarma=true
P(Terremoto=false) * P(Robo=false)=1.00e-3 * P(Alarma=true|Terremoto=false,Robo=false)=0.400e-1 *
P(LlamaJuan=true|Alarma=true)=0.00e-1 * P(LlamaMaria=true|Alarma=true)=7.00e-1
= 5.910e-4
Comb 4: Terremoto=true, Alarma=true
P(Terremoto=true) * P(Robo=true)=1.00e-3 * P(Alarma=false|Terremoto=true,Robo=true)=6.00e-2 *
P(LlamaJuan=true|Alarma=false)=5.00e-2 * P(LlamaMaria=true|Alarma=false)=1.00e-2
= 2.994e-8

Suma total para Robo=true: 5.922e-4

Calculando P(Robo=false | evidencia):
Comb 1: Terremoto=false, Alarma=false
P(Terremoto=false) * P(Robo=false)=0.99e-1 * P(Alarma=false|Terremoto=false,Robo=false)=2.00e-1 *
P(LlamaJuan=true|Alarma=false)=0.00e-1 * P(LlamaMaria=true|Alarma=false)=7.00e-1
= 3.050e-4
Comb 2: Terremoto=true, Alarma=false
P(Terremoto=true) * P(Robo=false)=0.99e-1 * P(Alarma=false|Terremoto=true,Robo=false)=7.10e-1 *
P(LlamaJuan=true|Alarma=false)=5.00e-2 * P(LlamaMaria=true|Alarma=false)=1.00e-1
= 7.093e-7
Comb 3: Terremoto=false, Alarma=true
P(Terremoto=false) * P(Robo=false)=0.99e-1 * P(Alarma=true|Terremoto=false,Robo=false)=1.00e-3 *
P(LlamaJuan=true|Alarma=true)=0.00e-1 * P(LlamaMaria=true|Alarma=true)=7.00e-1
= 2.020e-4
Comb 4: Terremoto=true, Alarma=true
P(Terremoto=true) * P(Robo=false)=0.99e-1 * P(Alarma=false|Terremoto=false,Robo=false)=0.99e-1 *
P(LlamaJuan=true|Alarma=false)=5.00e-2 * P(LlamaMaria=true|Alarma=false)=1.00e-2
= 4.980e-8

Suma total para Robo=false: 1.492e-3

Normalización:
Total = 5.922e-4 + 1.492e-3 = 2.084e-3
P(Robo=true) = 0.2842
P(Robo=false) = 0.7158

```

Resultado final:

P(Robo = true | evidencia) = 28.42%

P(Robo = false | evidencia) = 71.58%

Redes Bayesianas: Algoritmo 2 Eliminación de Variables

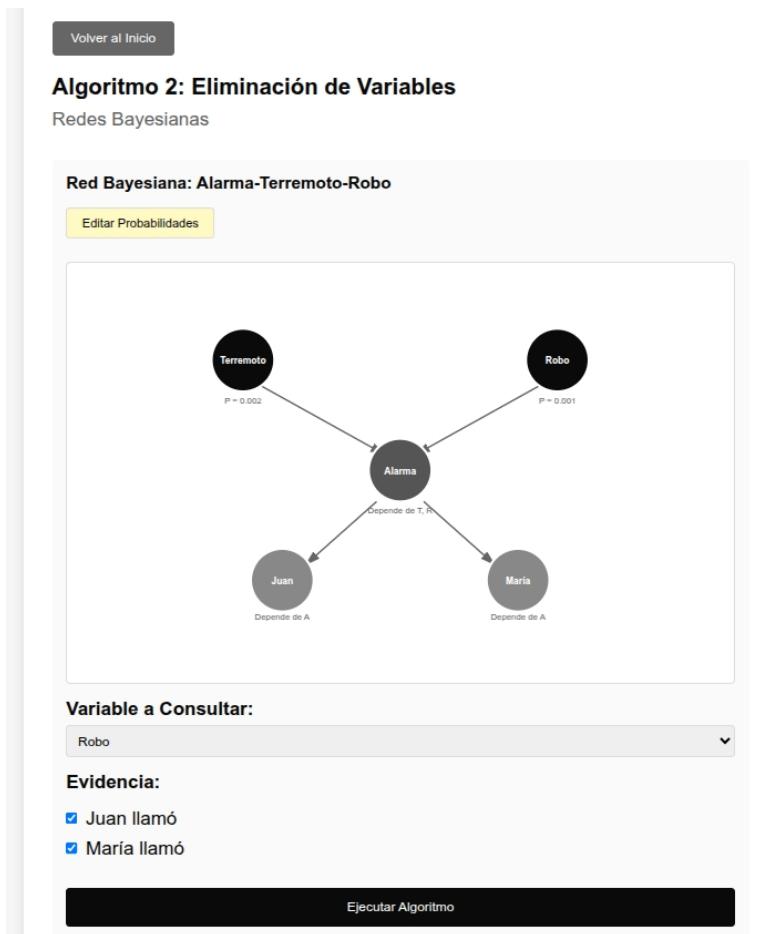
El algoritmo de eliminación de variables es más eficiente que la enumeración, porque evita recalcular términos repetidos, para eso identifica las variables a eliminar, agrupa los factores de las tablas de probabilidad condicional que tienen esa variable, multiplica esos factores entre si, marginaliza sobre esa variable para eliminarla, repitiendo el proceso hasta eliminar todas las variables ocultas. Despues multiplica los factores restantes para obtener distribución de la variable objetivo y se normaliza el resultado final.

La interfaz de la aplicación es exactamente igual que en el algoritmo anterior, tiene los mismos botones, lo único que cambia son los cálculos que realiza para llegar a la probabilidad deseada.

Desde la [pagina de inicio](#) selecciona ahora el segundo botón



La página es idéntica que la del algoritmo de enumeración, se pueden modificar los valores, la variable objetivo y las evidencias



Al hacer click en el botón ejecutar algoritmo, se mostrarán los cálculos que se hicieron para ir eliminando variables y conseguir la probabilidad objetivo

Resultados

Consulta: $P(\text{Robo} | \text{LlamaJuan}, \text{LlamaMaria})$

Proceso de cálculo:

```

Paso 1: Crear factores iniciales
Factor [Terremoto] variables [Terremoto]: 2 entradas
Factor [Robo] variables [Robo]: 2 entradas
Factor [Alarma] variables [Alarma, Terremoto, Robo]: 8 entradas
Factor [LlamaJuan] variables [LlamaJuan, Alarma]: 4 entradas
Factor [LlamaMaria] variables [LlamaMaria, Alarma]: 4 entradas

Paso 2: Reducir factores con evidencia
Evidencia: LlamaJuan=true, LlamaMaria=true
Reducir [LlamaJuan] por LlamaJuan=true -> variables [Alarma]
Reducir [LlamaMaria] por LlamaMaria=true -> variables [Alarma]

Paso 3: Eliminar variables ocultas
Variables a eliminar: Terremoto, Alarma

Eliminando variable: Terremoto
Para Alarma=false, Robo=false:
Terremoto=false: 0.988e-1 × 9.99e-1 = 9.070e-1
Terremoto=true: 2.000e-3 × 7.100e-1 = 1.420e-3
Suma total = 9.984e-1
Para Alarma=false, Robo=true:
Terremoto=false: 0.988e-1 × 6.000e-2 = 5.988e-2
Terremoto=true: 2.000e-3 × 5.000e-2 = 1.000e-4
Suma total = 5.998e-2
Para Alarma=true, Robo=false:
Terremoto=false: 0.988e-1 × 1.000e-3 = 9.980e-4
Terremoto=true: 2.000e-3 × 2.900e-1 = 5.800e-4
Suma total = 1.578e-3
Para Alarma=true, Robo=true:
Terremoto=false: 0.988e-1 × 9.400e-1 = 9.381e-1
Terremoto=true: 2.000e-3 × 9.500e-1 = 1.900e-3
Suma total = 9.400e-1
Nuevo factor creado: [Σ_Terremoto(Terremoto=Alarma)] variables [Alarma, Robo]

```

Eliminando variable: Alarma
Para Robo=false:
Alarma=false: 5.000e-2 × 1.000e-2 × 9.984e-1 = 4.992e-4
Alarma=true: 9.000e-1 × 7.000e-1 × 1.578e-3 = 9.941e-4
Suma total = 1.493e-3

Para Robo=true:
Alarma=false: 5.000e-2 × 1.000e-2 × 5.998e-2 = 2.099e-5
Alarma=true: 9.000e-1 × 7.000e-1 × 9.400e-1 = 5.922e-1
Suma total = 5.922e-1

Nuevo factor creado:
[Σ_Alarma(LlamaJuan|LlamaJuan=true×LlamaMaria|LlamaMaria=true×Σ_Terremoto(Terremoto=Alarma))] variables [Robo]

Paso 4: Multiplicar factores restantes y normalizar
 $P(\text{Robo}=\text{false})$ sin normalizar = 1.492e-3
 $P(\text{Robo}=\text{true})$ sin normalizar = 5.922e-4
Total = 2.084e-3
Normalizado: $P(\text{Robo}=\text{true}|\text{evid}) = 0.28417$

Resultado final:

$P(\text{Robo} = \text{true} | \text{evidencia}) = 28.42\%$

$P(\text{Robo} = \text{false} | \text{evidencia}) = 71.58\%$

Visualización Redes Bayesianas

Si se quiere obtener el grafo con sus respectivas tablas de probabilidad condicional, se puede hacer haciendo click en el botón ver visualizacion de la red

Resultado final:

$P(\text{Robo} = \text{true} | \text{evidencia}) = 28.42\%$

$P(\text{Robo} = \text{false} | \text{evidencia}) = 71.58\%$

Ver Visualización de la Red



Al hacer click llevará a una página donde mostrará el grafo con sus tablas de probabilidad condicional y donde se podrá descargar la imagen como .png

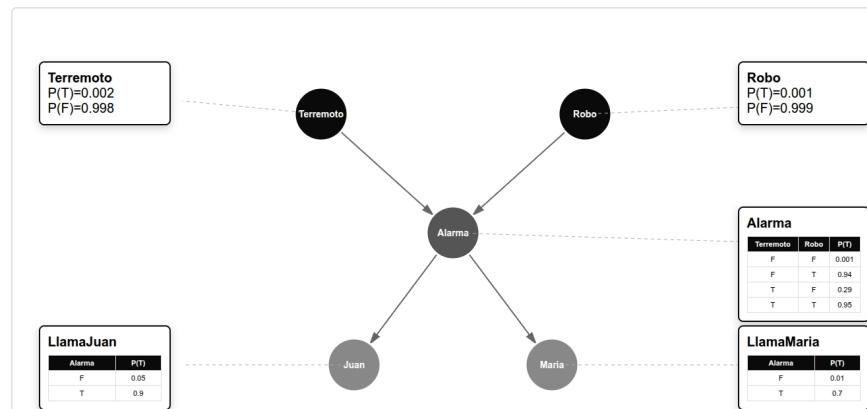
Volver al Inicio

Descargar PNG

Botón para descargar imagen del grafo

Visualización de Red Bayesiana

Red Alarma – Robo – Terremoto



red_bayesiana.png
226.18 kB

Ejemplo con valores modificados (Redes Bayesianas)

$$P(\text{Terremoto} \mid \text{LlamaJuan})$$

Editor de Probabilidades

Probabilidades Previas

P(Terremoto = true): 0.08
P(Robo = true): 0.01

P(Alarma = true | Terremoto, Robo)

- T=false, R=false: 0.005
- T=false, R=true: 0.90
- T=true, R=false: 0.42
- T=true, R=true: 0.99

P(Juan Llama = true | Alarma)

- Alarma = false: 0.07
- Alarma = true: 0.87

P(Maria Llama = true | Alarma)

- Alarma = false: 0.03
- Alarma = true: 0.74

Variable a Consultar: Terremoto

Evidencia:

- Juan llamó
- María llamó

Terremoto	Robo	P(T)
F	F	0.005
F	T	0.9
T	F	0.42
T	T	0.99

Alarma	Terremoto	Robo	P(T)
F	F	F	0.005
F	F	T	0.9
T	F	F	0.42
T	F	T	0.99
T	T	F	0.03
T	T	T	0.74

LlamaJuan	Alarma	P(T)
F	F	0.07
F	T	0.87
T	F	0.07
T	T	0.87

LlamaMaria	Alarma	P(T)
F	F	0.03
F	T	0.74
T	F	0.03
T	T	0.74

Algoritmo 1

```

Suma total para Terremoto=false: 7.467e-2
Normalización:
Total = 3.284e-2 + 7.467e-2 = 1.075e-1
P(Terremoto=true) = 0.3055
P(Terremoto=false) = 0.6945

Resultado final:
P(Terremoto = true | evidencia) = 30.55%
P(Terremoto = false | evidencia) = 69.45%

```

Algoritmo 2

```

Paso 4: Multiplicar factores restantes y normalizar
P(Terremoto=false) sin normalizar = 7.467e-2
P(Terremoto=true) sin normalizar = 3.284e-2
Total = 1.075e-1
Normalizado: P(Terremoto=true|evid) = 0.30550

Resultado final:
P(Terremoto = true | evidencia) = 30.55%
P(Terremoto = false | evidencia) = 69.45%

```

Se observa que con ambos algoritmos se llega a la misma probabilidad

Cadenas de Markov: Algoritmo 4 Cadenas de Markov de Primer Nivel

Calcula la distribución de probabilidad después de n pasos usando la fórmula:
 $\pi(n) = \pi(0) \times P^n$

Para el ejemplo de programa se tiene que una cadena de Markov modela el comportamiento de un usuario en una tienda online con 5 estados:

- E (Explorando): Usuario navegando por categorías
- V (Viendo Producto): Visualizando página de producto
- C (Comparando): Comparando productos
- R (En Carrito): Producto añadido al carrito
- F (Compra Completada): Finalización de compra (estado absorbente: estado del cual no se puede salir una vez que se alcanza)

Para ingresar a la interfaz que implementa este algoritmo, se va a la interfaz de [inicio](#) y selecciona la opción

Algoritmo 4: Cadenas de Markov de primer orden
(Cadenas de Markov)

Al ingresar se verá esto

Botón para volver a inicio

Descripción del modelo

Matriz P de transiciones

Botón para editar valores de la matriz P

Botón para volver a dejar la matriz como estaba al inicio

Algoritmo 4: Cadena de Markov - Primer Orden
Ejemplo: Comportamiento en Compras Online

Descripción del Modelo:
Modelamos el comportamiento de un usuario en una tienda online con 5 estados:

- Explorando (E): Usuario navegando por categorías
- Viendo Producto (V): Visualizando página de producto
- Comparando (C): Comparando productos
- En Carrito (R): Producto añadido al carrito
- Compra Completada (F): Finalización de compra

Nota: F puede ser configurado como estado absorbente o no absorbente.

Matriz de Transición de Estados (P)

Desde \ Hacia	E	V	C	R	F
E	0.20	0.40	0.20	0.15	0.05
V	0.10	0.30	0.25	0.25	0.10
C	0.05	0.25	0.30	0.30	0.10
R	0.00	0.10	0.15	0.50	0.25
F	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00

Estado F: Es estado absorbente ($P(F \rightarrow F) = 1.0$)

Análisis Matemático

Distribución Inicial
Seleccione el estado inicial del usuario:
 $\pi(0) = [1, 0, 0, 0]$
Usuario comienza en estado: Explorando (E)

Seleccionar desde qué estado se inicia

Número de pasos (iteraciones):
5 → Cantidad de iteraciones que se quieren hacer

Calcular Distribución $\pi(n) = \pi(0) \times P^n$ → Ejecutar algoritmo

Ir a algoritmo 6 con matriz P

Ir a algoritmo 5 con matriz P

Ver Matriz de Transición (CON LA MISMA MATRIZ)

Ver Probabilidades Estacionarias (CON LA MISMA MATRIZ)

Ver Visualización de la Red

Al seleccionar el botón de editar probabilidades, se podrán modificar los valores de la matriz de transiciones

Editor de Probabilidades
Modifica las probabilidades de transición. Cada fila debe sumar 1.0

Estado E (Explorando):

→ E:	→ V:	→ C:	→ R:	→ F:
0.2	0.4	0.2	0.15	0.05

Estado V (Viendo Producto):

→ E:	→ V:	→ C:	→ R:	→ F:
0.1	0.3	0.25	0.25	0.1

Estado C (Comparando):

→ E:	→ V:	→ C:	→ R:	→ F:
0.05	0.25	0.3	0.3	0.1

Estado R (En Carrito):

→ E:	→ V:	→ C:	→ R:	→ F:
0	0.1	0.15	0.5	0.25

Estado F (Compra Completada):

→ E:	→ V:	→ C:	→ R:	→ F:
0	0	0	0	1.00

F es estado absorbente (una vez en F, no se sale)

NOTAS:

- La suma de todos los valores de cada renglón debe ser 1, si no lo es, saldrá un aviso que dirá cuánto es la suma total para corregirlo

JavaScript de
"https://fabianayala1903353g.github.io"
Error: La fila E suma 1.500, debe sumar 1.0

- No puede haber cantidades menores a 0 y mayores que 1

JavaScript de
"https://fabianayala1903353g.github.io"
Error: Todos los valores deben estar entre 0 y 1

- En el ejemplo el estado F es absorbente, $F \rightarrow F = 1$, si se desmarca la casilla, podrán modificarse los otros valores pero dejará de ser estado absorbente
- Despues de modificar los valores, se debe hacer click en el botón Aplicar cambios

Aplicar Cambios



Se puede elegir desde que estado se iniciará el algoritmo

Seleccione el estado inicial del usuario:

- Explorando (E) - $\pi(0) = [1, 0, 0, 0, 0]$
- Explorando (E) - $\pi(0) = [1, 0, 0, 0, 0]$**
- Viendo Producto (V) - $\pi(0) = [0, 1, 0, 0, 0]$
- Comparando (C) - $\pi(0) = [0, 0, 1, 0, 0]$
- En Carrito (R) - $\pi(0) = [0, 0, 0, 1, 0]$
- Compra Completada (F) - $\pi(0) = [0, 0, 0, 0, 1]$

Se puede especificar el numero de iteraciones que el algoritmo hará

Número de pasos (iteraciones):

5

Al hacer click en calcular distribución, se mostraran los resultados, una matriz P modificada por el número de iteraciones que se escogió, y la distribución de probabilidades entre los diferentes estados del modelo.

Calcular Distribución $\pi(n) = \pi(0) \times P^n$



Resultados

Configuración
Estado inicial: Explorando (E)
 $\pi(0): [1, 0, 0, 0, 0]$
Pasos: 5
Estado F: Absorbente

Matriz P^5 :

DeA	E	V	C	R	F
E	0.0318	0.1287	0.1334	0.2205	0.4857
V	0.0281	0.1154	0.1206	0.2017	0.5343
C	0.0271	0.1122	0.1176	0.1982	0.5450
R	0.0193	0.0825	0.0879	0.1519	0.6584
F	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000

Distribución $\pi(5)$:

Explorando (E) 3.18% $\pi[0] = 0.031778$	Viendo Producto (V) 12.87% $\pi[1] = 0.128657$	Comparando (C) 13.34% $\pi[2] = 0.133419$	En Carrito (R) 22.05% $\pi[3] = 0.220464$	Compra Completada (F) 48.57% $\pi[4] = 0.485682$
--	--	---	---	--

Análisis de Estado Absorbente
Como F es absorbente, a largo plazo toda la probabilidad converge a F.
Probabilidad de compra después de 5 pasos: **48.57%**
Los estados E, V, C, R son transitorios y eventualmente se abandonan.

Resumen
Usuario en Explorando (E) tiene 48.57% de prob. de comprar en 5 pasos

Cadenas de Markov: Algoritmo 5 Matriz de transición de Estados

Para entrar a la interfaz de este algoritmo se puede hacer desde la interfaz de inicio o desde las interfaces de los algoritmos 4 y 6, esto es útil en caso de haber modificado la matriz P del ejemplo original evitando tener que editarla de nuevo

Algoritmo 5: Matriz de transición de estados
(Cadenas de Markov)



Ver Matriz de Transición (CON LA MISMA MATRIZ)



Calcula y analiza la matriz de transición elevada a la potencia n, mostrando cómo evolucionan las probabilidades de transición

La parte de editar probabilidades es igual que la del algoritmo anterior e igualmente se muestra la matriz P

Ahora se hacen distintas operaciones con la matriz P

Operaciones con la Matriz P

Potencias de la Matriz Calcular P elevado a la potencia: <input type="text" value="5"/> <input type="button" value="Calcular P^n"/>	Matriz Fundamental N $N = (I - Q)^{-1}$, donde Q es la submatriz de estados transitorios <input type="button" value="Calcular Matriz Fundamental"/>	Probabilidades de Absorción Estado inicial: <input type="text" value="E (Explorando)"/> <input type="button" value="Calcular Probabilidad de Compra"/>
---	---	--

Se tiene que especificar a qué potencia se eleva la matriz P, aunque la matriz resultado de esto ya lo muestra en el algoritmo 4. En esta interfaz solo muestra la probabilidad de llegar al estado F en n pasos iniciando en cada uno de los estados.

La Matriz Fundamental N es una herramienta matemática que analiza el comportamiento de los estados transitorios antes de llegar al estado absorbente. I = Matriz identidad

Q = Submatriz de transiciones entre estados transitorios (excluye el estado absorbente)

$N[i][j] = \text{Número esperado de veces que se visitará el estado } j \text{ partiendo del estado } i$

La probabilidad de absorción es la probabilidad de que, partiendo de un estado transitorio, eventualmente se llegue a un estado absorbente específico

Potencias de la Matriz Calcular P elevado a la potencia: <input type="text" value="5"/> <input type="button" value="Calcular P^n"/>	Matriz Fundamental N $N = (I - Q)^{-1}$, donde Q es la submatriz de estados transitorios <input type="button" value="Calcular Matriz Fundamental"/>	Probabilidades de Absorción Estado inicial: <input type="text" value="E (Explorando)"/> <input type="button" value="Calcular Probabilidad de Compra"/>																																			
P^5 calculado Probabilidad de compra en 5 pasos: E: 48.57% V: 53.43% C: 54.50% R: 65.84%	Matriz Fundamental N (4x4) $N = (I - Q)^{-1}$, donde Q son las transiciones entre estados transitorios <table border="1"><tr><td>De/Hacia</td><td>E</td><td>V</td><td>C</td><td>R</td></tr><tr><td>E</td><td>1.5746</td><td>1.8009</td><td>1.5919</td><td>2.3280</td></tr><tr><td>V</td><td>0.4113</td><td>2.5329</td><td>1.5147</td><td>2.2987</td></tr><tr><td>C</td><td>0.3381</td><td>1.4348</td><td>2.5396</td><td>2.3426</td></tr><tr><td>R</td><td>0.1837</td><td>0.9370</td><td>1.0648</td><td>3.1625</td></tr></table> Tiempos esperados hasta absorción: Desde Explorando (E): 7.30 pasos Desde Viendo Producto (V): 6.76 pasos	De/Hacia	E	V	C	R	E	1.5746	1.8009	1.5919	2.3280	V	0.4113	2.5329	1.5147	2.2987	C	0.3381	1.4348	2.5396	2.3426	R	0.1837	0.9370	1.0648	3.1625	Probabilidad de absorción en F Desde estado inicial: Explorando (E) 100.00% Matriz B = N × R: <table border="1"><tr><th>Estado Inicial</th><th>Prob. Absorción en F</th></tr><tr><td>Explorando (E)</td><td>100.00%</td></tr><tr><td>Viendo Producto (V)</td><td>100.00%</td></tr><tr><td>Comparando (C)</td><td>100.00%</td></tr><tr><td>En Carrito (R)</td><td>100.00%</td></tr></table>	Estado Inicial	Prob. Absorción en F	Explorando (E)	100.00%	Viendo Producto (V)	100.00%	Comparando (C)	100.00%	En Carrito (R)	100.00%
De/Hacia	E	V	C	R																																	
E	1.5746	1.8009	1.5919	2.3280																																	
V	0.4113	2.5329	1.5147	2.2987																																	
C	0.3381	1.4348	2.5396	2.3426																																	
R	0.1837	0.9370	1.0648	3.1625																																	
Estado Inicial	Prob. Absorción en F																																				
Explorando (E)	100.00%																																				
Viendo Producto (V)	100.00%																																				
Comparando (C)	100.00%																																				
En Carrito (R)	100.00%																																				

En potencia de la matriz se puede ver que salen como resultado los mismos valores de la matriz en el algoritmo 4

Potencias de la Matriz

Calcular P elevado a la potencia:

5
Calcular P^n

P^5 calculado
Probabilidad de compra en 5 pasos:
E: 48.57%
V: 53.43%
C: 54.50%
R: 65.84%

Matriz P^5 :

De A	E	V	C	R	F
E	0.0318	0.1287	0.1334	0.2205	0.4857
V	0.0281	0.1154	0.1206	0.2017	0.5343
C	0.0271	0.1122	0.1176	0.1982	0.5450
R	0.0193	0.0825	0.0879	0.1519	0.6584
F	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000

En la matriz fundamental, se suman los valores de las filas para calcular los tiempos para llegar al estado Comprar producto

De/Hacia	E	V	C	R
E	1.5746	1.8009	1.5919	2.3280
V	0.4113	2.5329	1.5147	2.2987
C	0.3381	1.4348	2.5396	2.3426
R	0.1837	0.9370	1.0648	3.1625

Tiempos esperados hasta absorción:

Desde Explorando (E): 7.30 pasos

Desde Viendo Producto (V): 6.76 pasos

Desde Comparando (C): 6.66 pasos

Desde En Carrito (R): 5.35 pasos

Y la probabilidad de absorción muestra la probabilidad de Comprar el producto

Probabilidad de absorción en F

Desde estado inicial:
Explorando (E)

100.00%

Matriz B = N × R:

Estado Inicial	Prob. Absorción en F
Explorando (E)	100.00%
Viendo Producto (V)	100.00%
Comparando (C)	100.00%
En Carrito (R)	100.00%

Cadenas de Markov: Algoritmo 6 Probabilidades Estacionarias

Para entrar a este algoritmo se puede hacer desde el inicio o desde los algoritmos 4 y 5

Algoritmo 6: Probabilidades estacionarias (Cadenas de Markov)



Calcula la distribución estacionaria π que satisface $\pi P = \pi$ con $\sum \pi = 1$, en el algoritmo implementado se calcula con un sistema de ecuaciones lineales donde resuelve Resuelve: $\pi(P - I) = 0$ sujeto a $\sum \pi = 1$

Para mostrar la distribución estacionaria, se debe hacer click en el botón de calcular distribución estacionaria

Calcular Distribución Estacionaria



Y se mostrarán las distribuciones de probabilidad de los estados, en el caso del ejemplo, como F es absorbente, la probabilidad es de 100% en F

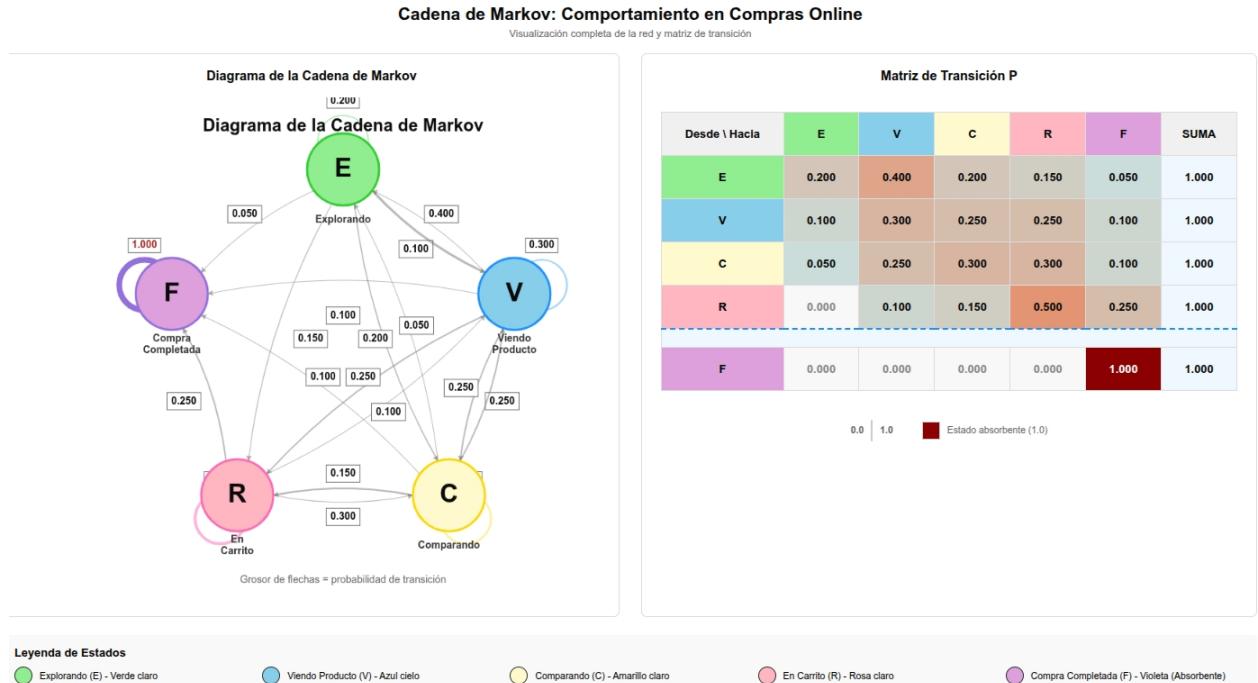
Distribución Estacionaria π



Visualización Cadena de Markov

En los 3 algoritmos de Cadenas de Markov, hasta el final sale un botón para visualizar la red, mostrando el diagrama de la cadena de Markov y la matriz de transición P

[Ver Visualización de la Red](#)



De igual manera que como en la visualización de redes bayesianas, esta imagen es posible descargarla en formato .png en el botón descargar png

[Descargar PNG](#)

Ejemplo con valores modificados (Cadenas de Markov)

Para este ejemplo solo se modificará que F ya no sea un estado absorbente, solo para probar cómo se modifican las probabilidades.

Matriz de Transición de Estados (P)

Desde \ Hacia	E	V	C	R	F
E	0.20	0.40	0.20	0.15	0.05
V	0.10	0.30	0.25	0.25	0.10
C	0.05	0.25	0.30	0.30	0.10
R	0.00	0.10	0.15	0.50	0.25
F	0.00	0.20	0.00	0.00	0.80

Estado F: NO es estado absorbente ($P(F \rightarrow F) = 0.80)$

Algoritmo 4

Resultados

Configuración

Estado inicial: Explorando (E)

$\pi(0): [1, 0, 0, 0, 0]$

Pasos: 5

Estado F: Transitorio

Matriz P^5 :

De\A	E	V	C	R	F
E	0.0388	0.2124	0.1532	0.2437	0.3520
V	0.0372	0.2119	0.1465	0.2330	0.3715
C	0.0365	0.2113	0.1445	0.2305	0.3771
R	0.0337	0.2119	0.1307	0.2054	0.4183
F	0.0337	0.2203	0.1123	0.1574	0.4763

Distribución $\pi(5)$:

Explorando (E)

3.88%

$\pi[0] = 0.038838$

Viendo Producto (V)

21.24%

$\pi[1] = 0.212363$

Comparando (C)

15.32%

$\pi[2] = 0.153192$

En Carrito (R)

24.37%

$\pi[3] = 0.243654$

Compra Completada (F)

35.20%

$\pi[4] = 0.351953$

Cuando F era un estado absorbente la probabilidad de llegar al estado de Compra Completada era de 48.57%, ahora cuando F ya no es absorbente es de 35.20%

Algoritmo 5

Potencias de la Matriz

Calcular P elevado a la potencia:

5

Calcular P^n

P^5 calculado

Probabilidad de compra en 5 pasos:

E: 35.20%

V: 37.15%

C: 37.71%

R: 41.83%

Matriz Fundamental N

$N = (I - Q)^{-1}$, donde Q es la submatriz de estados transitorios

Calcular Matriz Fundamental

Error en el cálculo: Matriz singular - no se puede invertir

Probabilidades de Absorción

Estado inicial:

E (Explorando)

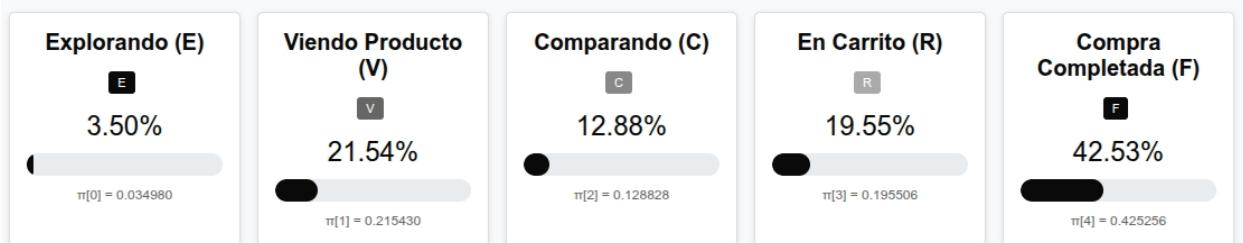
Calcular Probabilidad de Compra

El análisis de absorción solo aplica cuando F es estado absorbente.

Se observa que también se tuvo 35.20% saliendo del estado E pero en este caso ocurre que no se puede obtener una matriz fundamental ni las posibilidades de absorción debido a que F no es absorbente

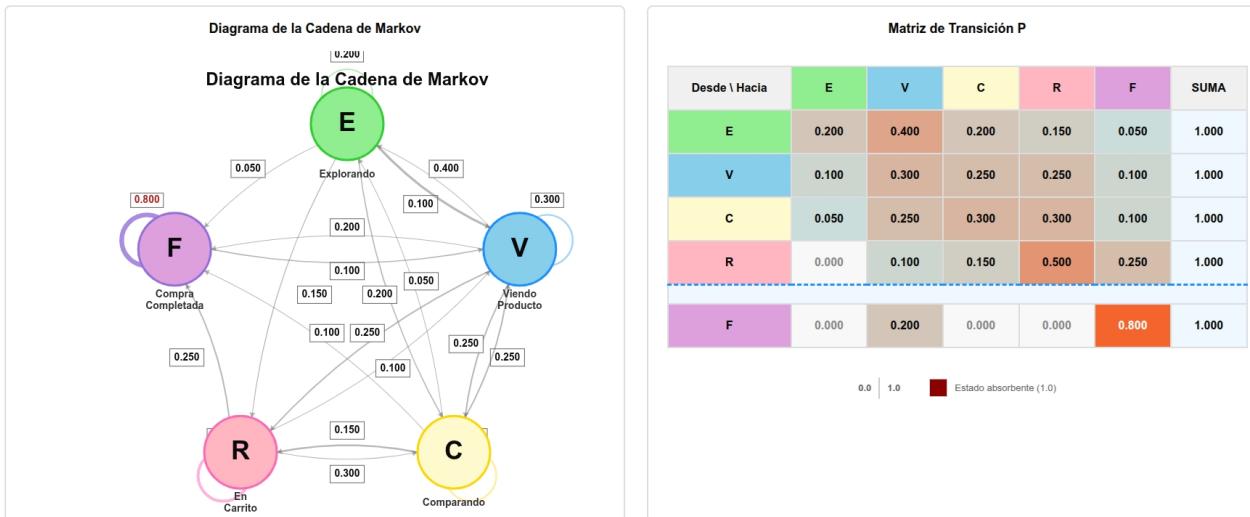
Algoritmo 6.

Distribución Estacionaria π



Como F no es absorbente, ahora si la distribución está repartida entre todos los estados.

Visualización



Preguntas frecuentes

¿Funciona en celular?

- Si, pero se ve mejor en computadora.

¿Sirve en cualquier navegador?

- Al menos en Firefox, Vivaldi, Brave, Floorp, Edge y Chrome si funciona, entonces debe funcionar en la mayoría de navegadores, solo debe soportar HTML5 y Javascript.

¿Como se borran los valores modificados de las matrices?

- En el botón de “Volver a valores por defecto” o ponerlos manualmente.

¿Se necesita internet?

- Si.

19