

Proyecto de Simulación

Mauricio L. Perdomo Cortés.

March 27, 2020

Facultad de Matemática y Computación

Universidad de La Habana

1 Orden del Problema

POBLADO EN EVOLUCIÓN:

Se dese conocer la evolución de la población de una determinada región. Se conoce que la probabilidad de fallecer de una persona distribuye uniforme y se corresponde, según su edad y sexo, con la siguiente tabla:

Edad	Hombre	Mujer
0-12	0.25	0.25
12-45	0.1	0.15
45-76	0.3	0.35
76-125	0.7	0.65

Del mismo modo, se conoce que la probabilidad de una mujer se embarace es uniforme y está relacionada con la edad:

Edad	Probabilidad de Embarazarse
12-15	0.2
15-21	0.45
21-35	0.8
35-45	0.4
45-60	0.2
60-125	0.05

Para que una mujer quede embarazada debe tener pareja y no haber tenido el número máximo de hijos que deseaba tener ella o su pareja en ese momento. El número de hijos que cada persona desea tener distribuye uniforme según la tabla siguiente :

Número	Probabilidad
1	0.6
2	0.75
3	0.35
4	0.2
5	0.1
más de 5	0.05

Para que dos personas sean pareja deben estar solas en ese instante y deben desear tener pareja. El desear tener pareja está relacionado con la edad:

Edad	Probabilidad de Querer Pareja
12-15	0.6
15-21	0.65
21-35	0.8
35-45	0.6
45-60	0.5
60-125	0.2

Si dos personas de diferente sexo están solas y ambas desean querer tener parejas entonces la probabilidad de volverse pareja está relacionada con la diferencia de edad:

Diferencia de Edad	Probabilidad de Establecer Pareja
0-5	0.45
5-10	0.4
10-15	0.35
15-20	0.25
20 o más	0.15

Cuando dos personas están en pareja la probabilidad de que ocurra una ruptura distribuye uniforme y es de 0.2. Cuando una persona se separa, o enviuda, necesita estar sola p or un período de tiempo que distribuye exponencial con un parámetro que está relacionado con la edad:

Edad	λ
12-15	3 meses
15-21	6 meses
21-35	6 meses
35-45	1 años
45-60	2 años
60-125	4 años

Cuando están dadas todas las condiciones y una mujer queda embarazada puede tener o no un embarazo múltiple y esto distribuye uniforme acorde a las probabilidades siguientes:

Número de Bebés	Probabilidad
1	0.7
2	0.18
3	0.08
4	0.04
5	0.02

La probabilidad del sexo de cada bebé nacido es uniforme 0,5. Asumiendo que se tiene una población inicial de M mujeres y H hombres y que cada poblador, en el instante inicial, tiene una edad que distribuye uniforme ($U(0,100)$). Realice un proceso de simulación para determinar como evoluciona la población en un período de 100 años.

2 Principales Ideas seguidas para la solución del problema.

Para realizar la simulación deseada definimos objetos y procesos que describen nuestro problema. En nuestra simulación la unidad básica de tiempo es un mes, por lo que en cada mes de la simulación ejecutaremos los procesos definidos para que ejecuten los cambios necesarios en nuestros objetos. El programa consta de dos clases principales Person y Population, la primera engloba el estado de una persona de nuestro poblado (esta clase nunca es instanciada directamente sino a través de las clases Women y Man

que heredan de ella), y la segunda contiene todas las personas que conforman nuestro "Poblado en Evolución". Durante cada mes de nuestra simulación ejecutaremos 6 procesos que efectuarán los cambios necesarios en nuestra población. Se profundizará más en cada uno de estos procesos en nuestra siguiente sección.

3 Modelado del problema.

Para la modelación de nuestro problema creamos una clase llamada Person que engloba las características consideradas relevantes para nuestra simulación, tenemos también una clase Population que contiene a todas las personas de nuestra población y nos permite acciones añadir personas a nuestra población, saber la cantidad de personas vivas, iterar solo sobre los vivos de la población etc.

Uno de los conceptos principales en nuestra simulación son los procesos que definimos para efectuar cambios sobre nuestra población, estos procesos son: envejecer, emparejar, morir, embarazar, dar a luz, romper parejas. A continuación analizamos cada uno de esos procesos.

- Envejecer:
Este proceso se encarga de aumentar un mes en la edad de todas las personas vivas que pertenecen a la población
- Emparejar:
Este proceso selecciona a todas las personas vivas que se encuentren solteras (esta búsqueda excluye también a las personas que están recuperándose de una ruptura o están de luto) y de estas comprueban cuáles desean tener parejas, entre los que queden intenta emparejar hombre con mujeres teniendo en cuenta la diferencia de edad.
- Morir:
Este procesos va por cada una de las personas vivas de la población decidiendo si la persona continúa viva o no, en caso de que la persona muera y tenga pareja coloca a la pareja en estado de luto por un tiempo determinado por una variable aleatoria exponencial con un parámetro determinado por la edad de la persona.
- Embarazar:
Este proceso recorre las mujeres vivas de la población comprobando

cuales cumplen los requisitos para quedar embarazada (estos requisitos están descritos en la orientación del problema), después de seleccionar las candidatas a embarazarse por cada una genera una variable uniforme para decidir si queda embarazada o no.

- Dar a luz:

Este proceso recorre las mujeres vivas de la población buscando mujeres que fueron embarazadas hace 9 o más meses (nunca debe cumplirse la condición de mayor estricto porque este proceso se realiza todos los meses por lo que en el mes 9 despues del embarazao siempre se comprobará), cada vez que una mujer embarazada hace 9 o más meses es encontrada se define la cantidad de hijos que nacen y esta cantidad de personas es añadida a la población, el sexo de los nuevos individuos es decidido en en método `add_person` de la clase `Population` usando una variable aleatoria uniforme. En este proceso también se actualiza la cantidad de hijos de los padres ya que esta es necesaria, para definir si una mujer puede quedar embarazada o no.

- Romper parejas:

Este proceso recorre los hombre vivos de la población (solo los hombres porque toda pareja tiene un miembro hombre por lo que recorriendo los hombre aseguramos analizar todas las parejas) que tengan pareja y decide si la relación termina o no, en caso de que la relación termine coloca a ambos miembros de la pareja en estado de recuperación por un tiempo determinado por una variable aleatoria exponencial con un parámetro definido por la edad de cada uno de ellos.

Después de analizar los procesos que ocurren en nuestra simulación estamos en condiciones de analizar un pseudocódigo de nuestro loop principal.

```
#Lista de procesos
procesos = [embarazar , morir , dar_a_luz , romper_parejas , emparejar]

while True:
    # Aumentamos un mes en la edad de todas
    # las personas vivas
    envejecer()
```

```

# Creamos una copia de la lista de procesos
pro = [p for p in procesos]

# Vamos seleccionando los procesos en orden aleatorio
# y los vamos ejecutando
while len(pro) > 0:
    index = random(0, len(pro)-1)
    pro.pop(index)()

# Avanzamos un mes
avanzar

```

4 Consideraciones obtenidas a partir de la ejecución de las simulaciones:

Luego de realizar distintas simulaciones con la orientación inicial se pueden realizar distintas observaciones:

- Teniendo en cuenta que el proceso de Morir es ejecutado todos los meses las probabilidades de fallecer propuestas en la orden del ejercicio son muy altas lo que provocaba que en la simulación la población muriera muy rápido, para solucionar esto se decidió cambiar estas probabilidades de la siguiente forma: si la probabilidad del intervalo $X - Y$ es Z la nueva probabilidad será $Z/(abs(Y - X) * 12)$. Esto fue decidido teniendo en cuenta que todos los meses se efectuará esta comprobación y la probabilidad de morir en el intervalo será la suma de las probabilidades de morir en cada mes.
- Realizando un análisis parecido al anterior realizamos un cambio parecido con la probabilidad de una mujer de quedar embarazada debido a que la población crecía demasiado rápido por la cantidad de bebés que nacían.
- En la orden se orientaba que el tiempo que una persona necesitaba para recuperarse de una ruptura o del luto era una variable aleatoria exponencial de parámetro lambda donde se nos daba el parámetro para cada edad, pero usando estos parámetros los valores esperados

eran hasta menores que un mes y disminuían con el aumento de la edad, esto no vimos que fuera consecuente con el comportamiento real y decidimos tomar el valor que se nos daba como valor esperado por tanto λ será $1/V$ donde V es el valor ofrecido en la orientación para cada intervalo de edad.

- En la tabla que daba las probabilidades para definir cuántos niños van a nacer se realizó un cambio para que las probabilidades sumaran 1.
- La población crece de manera general, el crecimiento más rápido se ve cuando las cantidades iniciales de hombres y mujeres son cercanas.

5 GitHub link al código del proyecto

Código Fuente