

PROYECTO FINAL INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES III SIMULACION DE MONTECARLO



**UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS**
Acreditación Institucional de Alta Calidad

DIEGO ALEJANDRO VELEZ – 20172020075
JORDY ESTEBAN PINEDA – 20172020
JUAN PABLO PARRA – 20172020

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSE DE CALDAS
INGENIERIA DE SISTEMAS
2021

Descripción de la simulación:

Se trata de simular de una operación que progresa de la siguiente manera:

1. Se tienen 1000 productos en bruto.
2. A cada producto se le aplica un proceso A que tarda un tiempo y tiene un costo determinado. De este proceso el producto puede resultar Conforme o No Conforme. En caso de resultar No Conforme, este puede ser de dos tipos: Desechable o Reprocesable.
3. Se realiza una revisión de los productos en la cual un porcentaje de los productos son revisados. Si un producto es revisado y este resulta ser No Conforme entonces se Desechará o se Reprocesará según el caso. El reprocesado de este producto consiste en aplicar de nuevo el proceso A, por lo que se sumara el mismo costo y tiempo que antes. Aquí tenemos el supuesto de que cuando el producto se reprocesa este saldrá Conforme siempre. Si un producto es desechado aquí se elimina de la cola de producción.
4. A cada producto de los que quedan se le aplica un proceso B que tarda un tiempo y tiene un costo determinado. De este proceso el producto puede resultar Conforme o No Conforme. En caso de resultar No Conforme, este puede ser de 4 tipos: Desechable, Reprocesable, Reparable y Reclasificable.
5. Se realiza otra revisión de los productos en la cual un porcentaje de los productos son revisados. Si un producto es revisado y este resulta ser No Conforme entonces se Desechará, se Reprocesará, se Reparará o se Reclasificará según el caso. El reprocesado de este producto consiste en aplicar de nuevo el proceso B, por lo que se sumara el mismo costo y tiempo que antes. La reparación de este producto consiste en enviarle a un taller donde su reparación tardará un tiempo y tendrá un costo. Aquí tenemos el supuesto de que cuando el producto se reprocesa o se repara este saldrá Conforme siempre. Si un producto es desechado o reclasificado aquí se le cambiará su valor de venta, pero no se eliminará. Aquí tenemos el supuesto de que la esta revisión puede verificar si el producto fue conforme tanto en el proceso A como en el proceso B.
6. Se hace la venta de los productos y los clientes que los compraron revisan su producto dándose cuenta efectivamente de si cada producto es Conforme o No Conforme. En caso de que un cliente reciba un producto No Conforme este puede que vuelva a la tienda a pedir una garantía o que no vuelva. En caso de que no vuelva se produce una perdida del buen nombre. En caso de

que pida la garantía se revisara el producto del cliente y este será reprocesado o reparado si es posible. Si la condición del producto es desechable o reclasificable entonces se le hará un reembolso al cliente de la misma cantidad por la que fue vendido el producto. La reparación consiste en enviar el producto al taller, sumando así el respectivo costo y tiempo. El reproceso consiste en aplicar de nuevo el proceso B, sumando así el respectivo costo y tiempo. Aquí tenemos el supuesto de que el cliente siempre pedirá garantía, es decir que si su producto es reprocesable o reparable esperará la reparación y no pedirá reembolso.

Datos iniciales de la simulación:

Para la simulación tenemos los siguientes datos iniciales o historicos:

- La probabilidad de obtener un producto conforme en el proceso A es de 0.840
- La probabilidad de obtener un producto conforme en el proceso B es de 0.927
- La probabilidad de que un producto sea revisado en la revisión 1 es de 0.5
- La probabilidad de que un producto sea revisado en la revisión 2 es de 0.5
- La probabilidad de que un producto No Conforme del proceso A sea Desechable es de 0.181
- La probabilidad de que un producto No Conforme del proceso A sea Reprocesable es de 0.819
- La probabilidad de que un producto No Conforme del proceso B sea Desechable es de 0.123
- La probabilidad de que un producto No Conforme del proceso B sea Reprocesable es de 0.493
- La probabilidad de que un producto No Conforme del proceso B sea Reparable es de 0.233
- La probabilidad de que un producto No Conforme del proceso B sea Reclasificable es de 0.151
- El tiempo mínimo que toma el proceso A es de 4.3 minutos por producto y el máximo es de 7.1 minutos
- El tiempo mínimo que toma el proceso B es de 9.1 minutos por producto y el máximo es de 11.4 minutos
- El tiempo mínimo que toma la revisión 1 es de 2.5 minutos por producto y el máximo es de 3.2 minutos

- El tiempo mínimo que toma la revisión 2 es de 3.7 minutos por producto y el máximo es de 9.9 minutos
- El tiempo mínimo que toma la reparación de un producto en el taller es de 5.2 minutos y el máximo es de 7.3 minutos
- El costo de aplicar a un producto el proceso A es de \$78 por minuto.
- El costo de aplicar a un producto el proceso B es de \$82 por minuto.
- El costo de la revisión 1 es de \$7 por producto revisado.
- El costo de la revisión 2 es de \$7 por producto revisado.
- El costo de reparar un producto es de \$5 por minuto.
- Los productos normalmente se venden por \$2.800
- Si un producto es marcado como desecho en la revisión 2 este se vende por \$9
- Si un producto es marcado como reclasificado en la revisión 2 este se vende por \$1.800
- El 74.6% de los clientes que reciben productos No conformes vuelven a la tienda a pedir la garantía.
- La perdida del buen nombre esta valorizada en \$170.000 por cliente insatisfecho

Ejecución de la simulación

Adjunto a este documento se debería encontrar tanto una macro realizada en Microsoft Excel, como un programa realizado por nosotros en el lenguaje Python; ambas opciones permiten realizar la simulación anteriormente planteada fácilmente. A continuación, explicamos el uso de cada una:

Uso de la macro de Excel

La macro en el archivo llamado Simulacion_Excel.xlsx consta de 3 hojas:

En la primera se encuentran los datos iniciales de la simulación anteriormente listados, estos pueden ser modificados a preferencia.

En la segunda hoja se encuentra la simulación como tal, es decir, el listado de todos los productos, los números aleatorios y el proceso de cada producto por la operación.

En la tercera hoja se encuentran los resultados de la simulación, es decir, los datos obtenidos de cada una de las operaciones de la simulación y los resultados concretos obtenidos de esos datos.

Pulsar la tecla F9 en la segunda hoja actualizará la simulación y nuevos datos serán arrojados en la hoja 3.

Uso del programa en Python

El archivo Simulacion_Py.exe es un ejecutable que al ser abierto mostrará la siguiente ventana:



Como puede ver aquí se muestra el proceso de la simulación paso por paso. Presione el botón "Siguiete" para avanzar por la simulación. A medida que avance los objetos en la ventana irán cambiando según la operación actual.

Cada uno de los cuadros de colores representa un producto y su color muestra su estado actual. El borde muestra si fueron revisados y el relleno muestra su condición:



Lo mismo sucede con los clientes:



Las convenciones en la parte de abajo indican el significado de cada color:

Convenciones		
■ En Bruto	■ Reprocesable	■ revisado
■ Conforme	■ Reparable	□ No revisado
■ No Conforme	■ Reclasificable	
Convenciones		
● Sin Producto	○ Garantía Repro.	● Volvió
● Satisfecho	○ Garantía Repar.	○ No Volvió
● No Satisfecho	○ Reembolsado	

La tabla de resultados a la derecha indica los datos recopilados de la operación actual:

Resultados:	
REVISIÓN 2	
Total Productos revisados:	464
Productos Aprobados:	414
Productos Desechados:	28
Productos Reprocesados:	16
Productos Reparados:	4
Productos Reclasificados:	2
Tiempo Invertido:	53.47 hrs
Costo total:	3248 \$
REPROCESOS 2	
Total Productos reprocesados:	16
Tiempo Invertido:	2.73 hrs
Costo total:	13421.96 \$
REPARACIONES	
Total Productos reparados:	4
Tiempo Invertido:	0.44 hrs
Costo total:	133.28 \$

Al final de la simulación se mostrará un resumen con los datos recopilados:



Para realizar otra simulación cierre y vuelva a abrir el programa.

Análisis estadístico

Es posible realizar un análisis de los datos obtenidos por medio de la simulación. Nuestro análisis se basa en varios aspectos: el impacto de la eficiencia de cada una de las operaciones en la ganancia, el impacto de la pérdida del buen nombre en la ganancia, el impacto de la garantía y del reembolso a la ganancia, el impacto de los productos eliminados a la ganancia y el impacto de la eficiencia de las operaciones en el tiempo y costo de producción.

1. Empezaremos por analizar como afecta la eficiencia de las operaciones a la ganancia final

Llamaremos a un producto exitoso a un producto que satisface al cliente, es decir un producto que sale Conforme al final de la simulación. Para maximizar las ganancias es lógico maximizar los productos exitosos y por ende la probabilidad de que un producto salga exitoso.

La probabilidad de éxito depende de la probabilidad de obtener productos conformes tanto en el proceso A como el B, y la probabilidad de que un producto sea revisado si este resultado ser No Conforme en alguna operación. En concreto, un producto es exitoso si se da uno de los siguientes casos:

- Salió Conforme del proceso A y salió Conforme del proceso B.
- Salió Conforme del proceso A y salió No Conforme del proceso B, pero fue revisado y arreglado en la revisión 2.
- Salió No Conforme del proceso A, pero fue revisado, reprocesado y no desechado en la revisión 1, y salió Conforme del proceso B.
- Salió No Conforme del proceso A, pero fue revisado, reprocesado y no desechado en la revisión 1, y salió No Conforme del proceso B, pero fue revisado y arreglado en la revisión 2.

Con esto podemos decir que la probabilidad de éxito es:

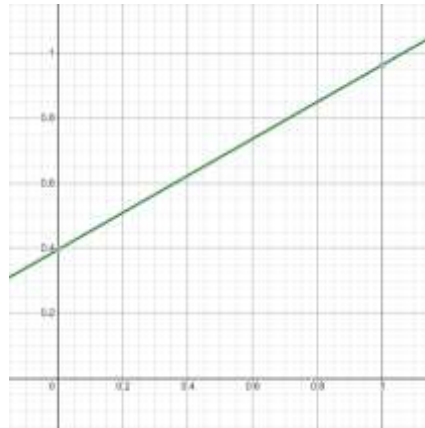
$$P_E = (P_{CA}P_{CB}) + ((1 - P_{CB})P_{CA}P_{r2}) + ((1 - P_{CA})(1 - P_d)P_{CB}P_{r1}) \\ + ((1 - P_{CA})(1 - P_{CB})(1 - P_d)P_{r1}P_{r2})$$

Donde P_{cA} y P_{rA} corresponden a las probabilidades de que un producto salga conforme en los respectivos procesos. P_{r1} y P_{r2} corresponden a las probabilidades de que un producto sea revisado en las respectivas revisiones. Y P_d corresponde a la probabilidad de que un producto sea desechado.

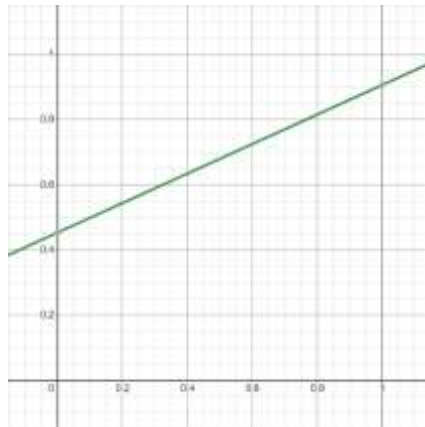
Si nos fijamos cada sumando corresponde a la probabilidad de que pase cada uno de los casos de arriba, y la suma de estos nos da la probabilidad de éxito P_E .

Ahora podemos expresar la probabilidad de éxito en función de cada una de las operaciones:

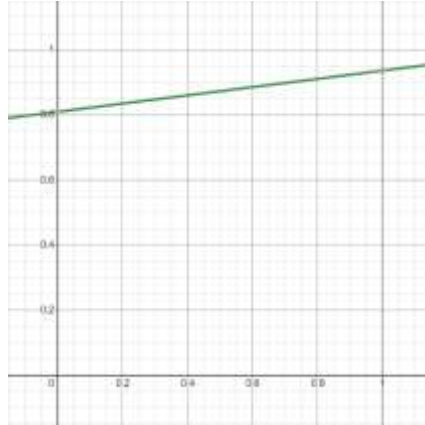
$$P_E(P_{cA}) = (0.927P_{cA}) + ((1 - 0.927)P_{cA}0.5) + ((1 - P_{cA})(1 - 0.181)(0.927)(0.5)) + ((1 - P_{cA})(1 - 0.927)(1 - 0.181)(0.5)(0.5))$$



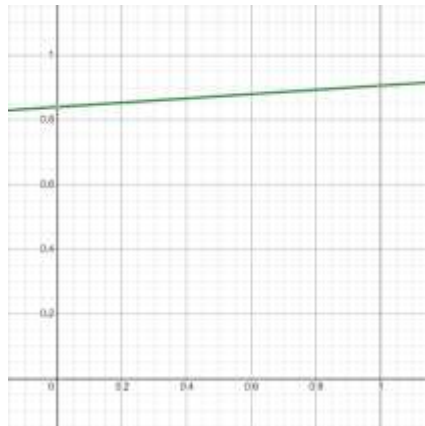
$$P_E(P_{cB}) = (0.84P_{cB}) + ((1 - P_{cB})(0.84)(0.5)) + ((1 - 0.84)(1 - 0.181)P_{cB}0.5) + ((1 - 0.84)(1 - P_{cB})(1 - 0.181)(0.5)(0.5))$$



$$\begin{aligned}
 P_E(P_{r1}) = & ((0.84)(0.927)) + ((1 - 0.927)(0.84)(0.5)) \\
 & + ((1 - 0.84)(1 - 0.181)(0.927)P_{r1}) \\
 & + ((1 - 0.84)(1 - 0.927)(1 - 0.181)(0.5)P_{r1})
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 P_E(P_{r2}) = & ((0.84)(0.927)) + ((1 - 0.927)(0.84)P_{r2}) \\
 & + ((1 - 0.84)(1 - 0.181)(0.927)(0.5)) \\
 & + ((1 - 0.84)(1 - 0.927)(1 - 0.181)(0.5)P_{r2})
 \end{aligned}$$



Por su puesto que maximizar las probabilidades de revisión también aumentara el tiempo de producción, pero con estas funciones podemos saber exactamente que probabilidad de éxito esperar cuando variamos la eficiencia de los procesos y de las revisiones y por ende el impacto de estas sobre la ganancia.

2. Seguimos con el impacto de la pérdida del buen nombre sobre la ganancia

A simple vista se puede notar que la pérdida del buen nombre por cada cliente insatisfecho es excesiva ya que esta es mas de 60 veces mas alta que el valor máximo de un producto, lo que quiere decir que con un cliente insatisfecho que no vuelva por su garantía perderíamos más que lo que ganamos con vender 60 productos en excelente estado.

Al hacer las simulaciones notamos inmediatamente que esta pérdida del buen nombre nos hace tener perdidas siempre, por lo que sería fundamental encontrar maneras de reducir la pérdida del buen nombre o aumentar la probabilidad de que un cliente reclame la garantía luego de recibir un producto en mal estado.

3. Ahora analicemos el impacto que tiene la garantía y los reembolsos sobre la ganancia

Un producto No Conforme que no haya sido revisado en la revisión 2 se vende por \$2.800 que es el valor de un producto exitoso. Sin embargo, este producto no es exitoso y un cliente puede volver a la tienda y reclamar la garantía.

De los datos de simulaciones obtuvimos que en promedio reprocesar un producto por garantía cuesta \$840,5 lo cual es menos de una cuarta parte del valor del producto, es decir que dicho producto aun genera ganancias, con lo cual es mucho mas eficiente que dar un reembolso por el producto.

Lo mismo sucede con la reparación de un producto por garantía que en promedio nos cuesta \$31,25. Observemos que reparar un producto es mucho mas barato que reprocesarlo con lo cual es preferible que el proceso B me mas productos en estado reparable que en estado reprocesable. Esto no solo aplica para el proceso de garantías sino para la revisión 2 también.

Reembolsar un producto convierte la ganancia de ese producto en perdida ya que devolvemos el valor total del producto y nos quedamos solo con los costos de producción de dicho producto con lo cual es importante minimizar la probabilidad de que el proceso B nos arroje productos en estado desechable o reclasificable.

4. Veamos cómo afecta a la ganancia el desechar productos en la revisión 1

Aplicar a un producto el proceso A cuesta en promedio \$444,6 y su revisión \$7, con lo cual al desechar un producto luego de la revisión 1 genera una pérdida de \$451,6 por producto eliminado y según las simulaciones en promedio se desechan 14 productos de los 1000 entrantes con lo cual tenemos una pérdida por desechar de \$6.322,4. Vimos que en la revisión 2 cuando se desecha un producto este se vende por \$9 en lugar de eliminarlo de la producción, si hiciéramos lo mismo en la revisión 1 reduciríamos la pérdida en \$126, que no es un valor demasiado significativo en la ganancia total, sin embargo, si fuera posible vender estos productos desechados sería una buena opción.

5. Por último, veremos la eficiencia de cada una de las operaciones en términos de tiempo y costo de producción

En las simulaciones se observó que el proceso B es el que consume mas tiempo y costos con una diferencia importante de las demás operaciones



Con lo cual lo más recomendable es optimizar el proceso B ya que en promedio consume la mitad del tiempo de producción y mas de la mitad de los costos.

Luego también se observa que los costes de revisión son casi insignificantes con lo cual se recomienda invertir más en revisión para aumentar la probabilidad de éxito.

Información adicional

- Según el equipo en el que se ejecute el programa en Python puede que este se tarde varios segundos en abrir.
- En algunos equipos puede que se indique que el programa en Python es dañino, peligroso o que podría contener algún tipo de virus, esto sucede porque no cuenta con ninguna licencia profesional ni esta validado por ningún equipo desarrollador licenciado, sin embargo, el software fue creado por nosotros enteramente con fines académicos y esta libre de cualquier malware.
- El código fuente del programa es de uso totalmente libre, la modificación, replicación, y comercialización del mismo es totalmente permitida por nosotros.