

Tarea 1: Programación Dinámica Estocástica

Fecha de Entrega: Miércoles 29 de Septiembre de 2010

1. De la construcción de nuevos cuarteles

El país de Chile se encuentra revolucionado por la proximidad de su bicentenario patrio, por lo cuál muchos proyectos emblemáticos están siendo ejecutados y proyectados. El Cuerpo de Bomberos de Chile entusiasmado con esta celebración, pensó instalar 25 cuarteles, con sus respectivos carros bomba (uno por cada cuartel), en las 5 ciudades que han presentado mayores tasas de reclamos en los últimos años.

Cuando ya se habían conseguido el financiamiento necesario para construir estos cuarteles, un gran terremoto afectó al país por lo que el gobierno central tuvo que redistribuir los recursos bicentenario, dejando a Bomberos sin el dinero necesario para llevar a cabo su planificación inicial.

Un reconocido empresario del país, voluntario del cuerpo de Bomberos de Chile, apenado por este desafortunado episodio, decidió facilitar a bomberos algunos terrenos de su propiedad, donde él pensaba construir centros comerciales, para la instalación de los cuarteles. En la tabla que se encuentra a continuación se muestra el número de cuarteles que se encuentran funcionando en la actualidad y el número de terrenos que el empresario ha ofrecido a Bomberos en cada una de las ciudades.

Ciudad	Cuarteles actuales	Terrenos ofrecidos
1	2	8
2	3	10
3	4	9
4	3	7
5	5	6

Cuadro 1: Cuarteles en funcionamiento y terrenos ofrecidos

Como es de suponer, a Bomberos hubiese gustado construir cada uno de los 25 nuevos cuarteles, pero como ahora el financiamiento proviene desde sus propias arcas, deberán pensar bien lo que harán. Hasta el momento sólo tienen claro que les sería imposible construir más de 25 cuarteles, pues conseguirse un nuevo permiso de edificación les tomaría más tiempo del que están dispuestos a esperar.

Se sabe que construir un cuartel y la compra de su respectivo carro de bomba tiene un costo de \$60000[U.M.] para bomberos.

Además, como los recursos de Bomberos son tan escasos, les resulta imposible comprar terrenos extras para la construcción de los cuarteles. Por otra parte, este gran empresario, ha asegurado que en el momento de la inauguración de las obras de construcción, entregará a bomberos la suma de \$40000[U.M.] por cada terreno que él ofreció y que en definitiva no se utilizó. Este dinero extra se debe a que en cada uno terrenos sin usar, se construirá un centro comercial, que beneficiará directamente al empresario.

Por otra parte se sabe, por estudios internos, que instalar entre 1 y 2 carros bombas nuevos en una misma ciudad genera un beneficio anual de \$8000[U.M.] en bomberos por mayor sensación de seguridad por parte de la población, si se instalan entre 3 y 4 carros bomba este beneficio anual aumenta levemente a \$11000[U.M.], pero si se desearse colocar 5 o más carros bomba nuevos, la gente sentirá que hay información que se le está ocultando y que Bomberos sabe que alguna gran catástrofe sucederá, por lo que hay una costo anual de \$6000[U.M.] en la imagen de bomberos.

2. De los siniestros que enfrenta bomberos

La construcción de los nuevos cuarteles, no tiene otro objetivo más que lograr mejores respuesta en cada uno de los siniestros que enfrenta bomberos. Se sabe que el número de siniestros que enfrenta una ciudad está estrechamente ligado a su población y a la prevención que realiza bomberos. En estos momentos las poblaciones de las ciudades son:

Ciudad	Población actual
1	220
2	360
3	680
4	500
5	1040

Cuadro 2: Población actual [en miles de personas]

Como Chile es un país donde la gente está emigrando a las ciudades, se espera que para el próximo año la población urbana aumente en un factor que depende del número de centros comerciales nuevos que se construirán (considere que sólo nuestro amigo empresario construye centros comerciales). Si se construyen 3 o menos centros en una ciudad, la población de dicha localidad aumentará en un 10 %, si se construyen entre 4 y 5, la población aumentará en un 20 % y si se construyen 6 o más, la población crecerá un 25 %.

El número de siniestros en una ciudad durante un año se distribuye binomial, con parámetros igual al número de habitantes (en miles) y con probabilidad igual a $(1,1)^{-j}$, donde j es el número de carros bomba en la ciudad.

También se sabe que hay tres tipos de siniestros: incendios, accidentes automovilísticos y accidentes en hogares. La probabilidad que un siniestro sea de cada uno de estos tipos, depende de cada una de las ciudades. Dicha tabla se muestra a continuación.

Ciudad	Probab. de ocurrencia		
	incendio	automovilístico	hogar
1	0.2	0.2	0.6
2	0.25	0.5	0.25
3	0.7	0.2	0.1
4	0.5	0.1	0.4
4	0.6	0.2	0.2

Cuadro 3: Probabilidad de ocurrencia de cada tipo de siniestro

Además por protocolos de seguridad que comenzarán a regir el próximo año, se requiere que para cada uno de los tipos de siniestros llegue una cierta cantidad de bombas. Para un incendio se necesitará que lleguen 7 bombas, para un accidente de automovilístico, 5 y para los accidentes en hogares, 4. Cada vez que un cuerpo de bomberos no sea capaz de cumplir con esta meta, habrá un costo de \$400[U.M.] por cada bomba que no llegue al siniestro (considere que no se puede pedir refuerzo a otras ciudades).

También se conoce que no sólo es importante llegar, sino que es importante llegar en el menor tiempo posible. Por lo que habrá un costo de \$1500[U.M.] si el primer carro de bomberos demora más de 3 minutos en llegar al siniestro. Se sabe que los tiempos de viaje de una bomba depende sólo de la ciudad en que se encuentre y que se distribuyen de la siguiente forma.

Ciudad	Tiempo de respuesta (min)
1	Uniforme (2 , 6)
2	Uniforme (1 , 5)
3	Uniforme (2,5 , 8)
4	Uniforme (1,5 , 7)
5	Uniforme (2 , 4,4)

Cuadro 4: Tiempo de respuesta por carro bomba en cada ciudad

Si los bomberos logran llegar al siniestro con todas las bombas y con la primera en menos de 3 minutos, recibirán un beneficio de \$500[U.M.].

Además considere que cada vez que se produce un siniestro, es probable que las bombas se encuentren en mantención o sin chofer para ser manejadas. Cada carro bomba, con un 5% no estará en condiciones de ser usado para un siniestro cualquiera.

Considerando que a la comandancia le interesa evaluar este proyecto sólo para el próximo año y que todos los pagos, beneficios y costos aquí señalados (incluyendo los de construcción, compra e imagen) serán realizados en ese plazo de tiempo. Encuentre la forma óptima de instalar los cuarteles.

Preguntas

1. Explique por qué el problema puede ser modelado mediante Programación Dinámica Estocástica.
2. Plantee el modelo a resolver mediante Programación Dinámica Estocástica.
3. Resuelva el modelo anterior entregando la asignación óptima y las utilidades (o desutilidades) esperadas.
4. Realice un análisis de sensibilidad de las variables que usted considere interesantes. Argumente su respuesta y concluya en base a su análisis.

Indicaciones

- La tarea debe realizarse en grupos de 3 o 4 personas, las cuales pueden eventualmente pertenecer indistintamente a cada una de las secciones (indicar claramente quien pertenece a cada sección en la portada del informe).
- Se debe redactar un informe autocontenido, siendo el índice sugerido el siguiente:
 - Portada
 - Resumen Ejecutivo
 - Índice
 - Introducción (marco teórico)
 - Descripción del problema
 - Resultados esperados
 - Desarrollo de las preguntas
 - Análisis de resultados
 - Conclusiones
 - Bibliografía
 - Anexos
- El informe debe tener una extensión máxima de 13 páginas, sin contar portada, índice, bibliografía, anexos ni resumen ejecutivo (este último debe ser de una página máximo). Por cada página extra se les descontará un punto en la nota¹.

¹De lo anterior puede deducir que quienes entreguen un informe de 19 o más páginas serán calificados inmediatamente con un 1.0.

- Se **debe** resolver mediante Microsoft Excel y el lenguaje de programación Visual Basic (pueden acceder a él desde el mismo Excel).
- El informe debe ser entregado en la secretaría de Industrias hasta las 16:00 horas del día de la fecha límite y además enviar una copia por U-cursos antes de las 23:59 horas de ese mismo día (incluir informe y archivo .xls, evitar a toda costa los archivos .xlsx).
- El descuento será de 1 punto por día de atraso.
- Puede realizar supuestos si lo considera necesario, pero indicándolo en su informe. Recuerde que no basta con resolver el problema de manera correcta, también **debe saber explicar su solución.**
- Dudas sobre el enunciado se responderán a través del foro de ucursos, siendo los encargados el auxiliar Francisco Muñoz y los ayudantes Nelson Devia, Ignacio Ríos y José Pérez.
- También habrá una sesión de consultas acerca de la tarea, probablemente en uno de los almuerzos. Debe estar atento al ucursos para más detalles.