CI43A Análisis de Sistemas de Transporte
Semestre Primavera 2004
Profesora: M. Munizaga
Profesores Auxiliares: R. Hurtubia, A. Tirachini

Control 2

Pregunta 1

Suponga que el intendente de la X Región de Los Lagos, le ha encargado estudiar el efecto en la distribución de los viajes que tendrá la eventual construcción de un puente sobre el Canal de Chacao. Para esto, le entrega la siguiente información: Viajes observados en la actualidad entre las distintas provincias (sólo viajes interprovinciales). Modelos de partición modal que representan la elección de modo entre cada par de comunas (las principales alternativas son auto y bus). La partición modal observada. El flujo que cruza entre Chiloé y Chile continental actualmente.

a) Diga cómo estimaría el costo generalizado de viaje entre provincias. Explicite todos los supuestos que requiera hacer. Escriba la reflexión que lo llevó a proponer esa forma de estimar el costo.

Los usuarios que viajan entre una provincia y otra, podrán hacerlo ya sea en auto o en bus. Yo podría decir que el costo generalizado es igual a la probabilidad de que elijan auto multiplicado por el costo del auto más la probabilidad de que elijan bus multiplicado por el costo del bus. Sin embargo ¿qué es costo de auto y qué es costo de bus? Cuando hablamos de costo generalizado hemos dicho que debemos considerar todas las componentes del costo: costo monetario de pasaje o bencina, peajes, etc; tiempo de viaje y espera si corresponde, ... Pero, al tener un modelo de partición modal, existe una función de utilidad, que recoge o mide la molestia generalizada que provoca viajar en cada modo. Por lo tanto, se podría calcular la utilidad máxima esperada asociada a la elección de modo (en el nivel superior y no en el nido como lo hacíamos en Logit Jerárquico) mediante la fórmula del logsum. Esa utilidad puede ser transformada en un valor monetario dividiendo por la utilidad marginal del costo (parámetro del costo).

b) Plantee y derive un modelo de distribución de viajes que sea adecuado para representar esta situación. Sea muy específico y justifique cada parte de su elección. Utilice una notación adecuada para este caso particular. La expresión derivada debe estar escrita en términos de las variables que se le entregaron y de parámetros adicionales que usted incluya. En este último caso, debe decir cómo los calcularía.

Los modelos de distribución de viajes vistos en clase han sido: factor de crecimiento, gravitacional y entropía. En este último caso existen extensiones que permiten incorporar conteos de flujo y matriz a priori. En cuanto a las restricciones, se contempla las de orígenes y destinos, además de la de costo que permite incorporar la variable costo al modelo de entropía. En cuanto al caso que se pide estudiar:

- ¿cambiarán los Oi y los Dj? Los alumnos pueden argumentar que si o que no, depende de la magnitud del cambio en los costos que implicará la construcción del puente. Las respuestas que den deben ser consistentes con lo que supongan con respecto a esto.
- ¿Tiene valor la información de la matriz actual? Por cierto que si, lo cual implica que el modelo que se plantee debe incorporar información de la matriz actual.
- ¿La distribución de viajes es elástica al costo? Eso es precisamente lo que el Intendente le ha pedido que estudie, por lo cual el modelo propuesto debe incluir el costo.
- ¿Puedo incluir información de conteos de flujo? Puedo incluirlo al modelar un conteo del flujo que cruza el canal, y con eso garantizaría que en el instante actual el modelo sería capaz de predecir en forma exacta el flujo que cruza. Sin embargo, para usar el modelo en modalidad predictiva, necesitaría datos de ese flujo, que no tengo.

Ejemplo de modelo propuesto:
Modelo de maximización de la entropía modificada (para incorporar info matriz a priori) doblemente acotado a orígenes y a destinos, con restricción de costo. Que excluya los viajes intrazonales.

$$max \quad S1 \qquad L = S1 + l_i^{(1)}(O_i - \sum_{j\neq i} V_{ij}) + l_j^{(2)}(D_j - \sum_{i\neq j} V_{ij}) + b(C - \sum_{i\neq j}\sum_j c_{ij}V_{ij})$$

$$s.a.$$

$$\sum_{i\neq j} V_{ij} = D_j \qquad \frac{\partial L}{\partial V_{ij}} = -\ln\frac{V_{ij}}{v_{ij}} - l_i^{(1)} - l_j^{(2)} - bc_{ij} = 0 \qquad \forall\ i \neq j$$

$$\sum_{j\neq i} V_{ij} = O_i \qquad V_{ij} = v_{ij} e^{-l_i^{(1)}} e^{-l_j^{(2)}} e^{-bc_{ij}}$$

$$\sum_{i\neq j}\sum_j c_{ij}V_{ij} = C$$

$$O_i = \sum_{j\neq i} V_{ij} \quad ==> e^{-l_i^{(1)}} = \frac{O_i}{\sum_{j\neq i} v_{ij} e^{-l_j^{(2)}} e^{-bc_{ij}}} \quad ==> A_i = \frac{1}{\sum_{j\neq i} v_{ij} e^{-l_j^{(2)}} e^{-bc_{ij}}}$$

$$D_j = \sum_{i\neq j} V_{ij} \quad ==> e^{-l_j^{(2)}} = \frac{D_j}{\sum_{i\neq j} v_{ij} e^{-l_i^{(1)}} e^{-bc_{ij}}} \quad ==> B_j = \frac{1}{\sum_{i\neq j} v_{ij} A_i O_i e^{-bc_{ij}}} \quad ==> A_i = \frac{1}{\sum_{j\neq i} v_{ij} B_j D_j e^{-bc_{ij}}}$$

$$V_{ij} = v_{ij} A_i O_i B_j D_j e^{-bc_{ij}}$$

Los parámetros Ai Bj se calculan iterativamente a partir de la información de las restricciones. El parámetro beta debe ser calibrado con una base de datos de viajes origen-destino.

c) Indique cómo usaría ese modelo para predecir el efecto que tendrá la construcción del puente. ¿Qué supuestos haría? ¿Qué datos adicionales necesitaría?

Para usar este modelo en modalidad predictiva necesitaría:

- La matriz de costos en la situación modificada. Podría suponer que sólo cambia el costo de los pares de zonas que implican atravesar el puente.
- Los vectores Oi y Dj futuros (serían iguales a los actuales si supongo que la Generación de viajes no se ve afectada).
- Tendría que suponer además que la sensibilidad de los usuarios al costo generalizado no se ve afectada por el proyecto.

d) ¿Cuál cree usted que será el efecto de tal proyecto, en caso de materializarse? ¿Cree usted que las predicciones del modelo que planteó se acercarán a esa realidad? ¿Porqué?

Si la reducción de costos es significativa, se espera que se modifique la distribución de viajes, debido a que, para ciertos propósitos, destinos que antes se descartaban por la demora que significaba cruzar el canal usando un transbordador, se hacen más atractivos. El modelo planteado es sensible al costo, por lo que debería capturar ese efecto.

e) Indique un modelo de distribución de viajes que usted no eligió para este caso porque no era adecuado. ¿Porqué no era adecuado?

Cualquier modelo que no incorpore costos es inadecuado en este caso.

Pregunta 2

El canal de Chacao, que separa la Isla Grande de Chiloé del continente, actualmente se cruza en transbordador. Para cruzar, existen principalmente 2 alternativas: auto y bus. La tarifa para los autos es de $6.000. En condiciones normales, la travesía dura 30 minutos, y en promedio los vehículos deben esperar 5 minutos la llegada de un transbordador. Entre Puerto Montt y Chacao un vehículo gasta $3.000 en bencina. En el mismo par O/D, el pasaje de bus cuesta $3.000. El tiempo de viaje promedio es 60 min para el auto y 75 min para el bus. Tres consultoras independientes han calibrado los siguientes parámetros de un modelo Logit multinomial con especificación lineal de la utilidad.

	Cte. Modal auto [utiles]	θ tpo de viaje [utiles/min]	θ tpo de espera [utiles/min]	θ costo [utiles/$]	Log-verosimilitud
V 1	0,9	-0,06	-0,1	0,0005	-346,6
V 2	0,4	-0,05	-0,07	-0,0005	-346,6
V 3	0	-0,05	-0,09	-0,0003	-487,2

a) Seleccione una de las tres funciones, explicando la razón de su elección. Con ésta, calcule la probabilidad de elección de cada modo, para el par O/D Puerto Montt-Chacao.

Se descarta V1 pues el parámetro del costo aparece positivo, lo cual es incorrecto. Entre V2 y V3 se selecciona V2 pues además de tener parámetros coherentes, negativos tanto para el tiempo como para el costo, tiene mayor log verosimilitud: tiene mayor probabilidad de representar la elección real de modo.

	Cte. Modal auto	θ tiempo de viaje	θ tiempo de espera	θ costo
Parámetro Modelo	0.4	-0.05	-0.07	-0.0005
Valor atributos	auto	60	5	9000
	bus	75	5	3000

Modo	Utilidad	Probabilidad
auto	-7.45	0.14
bus	-5.6	0.86

$$P_{iq} = \frac{e^{\sum_k q_k X_{kiq}}}{\sum_{j \in A_q} e^{\sum_k q_k X_{kjq}}}$$

b) Considere ahora que el proyecto "Puente sobre el Canal de Chacao" se lleva a efecto. Ante la inminencia de la inauguración de la obra, las navieras deciden reducir su tarifa en un 40%. Calcule la partición en este nuevo escenario.

Usar logit incremental o repetir el mismo cálculo

auto	60	5	6600
bus	75	5	3000

Modo	Utilidad	Probabilidad
auto	-6.25	0.34
bus	-5.6	0.66

c) El puente ha sido inaugurado, creando 4 alternativas de viaje:

Modo A: auto_puente

Modo B: auto_transbordador

Modo C: bus_puente

Modo D: bus_transbordador.

¿Qué modelo utilizaría para estudiar esta nueva situación? Explique.

Utilizaría Logit Jerárquico, pues hay correlación entre modos. Existen dos posibilidades, correlación por tipo de vehículo o por ruta. Pero LJ no admite correlación cruzada,➔se debe elegir una y explicar. Por ejemplo, en el segundo caso existirán dos nidos: Nido puente y Nido transbordador, ambos tienen los dos modos.

d) Con el modelo propuesto en (c) calcule la probabilidad de elección de los modos A y B, tanto para un día normal como para uno con tempestad. Para este último caso, se ha considerado una variable muda Z_i en la función de utilidad de los modos que incluyen el paso en transbordador, cuyo parámetro asociado es $\hat{a}_Z$=-1.5.

$$Z_i = \begin{cases} 1 & en\,día\,tempestuoso \\ 0 & en\,otro\,caso \end{cases}$$

Considere que el tiempo de viaje en el puente es 3 min y que el peaje cuesta $5.000. Si lo necesita, utilice $f = 0{,}7$. Comente sobre la influencia de la variable tempestad en los resultados.

Probabilidades Logit Jerárquico:

Nivel inferior: $P_{j/i} = \dfrac{e^{V_j/f_i}}{\sum_l e^{V_l/f_i}}$ Nivel superior: $P_i = \dfrac{e^{f_i \ln \sum_{k\in C(i)} e^{V_k/f_i}}}{\sum_s e^{V_s}}$

Modo	Cte. Modal auto	tiempo de viaje	tiempo de espera	costo
A	0.4	33	0	8000
B	0.4	60	5	6600
C	0	48	0	3000
D	0	75	5	3000

Alt 1: correlación por vehículo

	V día normal	V tempestad	Prob nivel inferior/nido: Prob día normal	Prob temp
A	-5.25	-5.25	0.81	0.97
B	-6.25	-7.75	0.19	0.03
C	-3.9	-3.9		
D	-5.6	-7.1		

	Nido Auto	Nido bus
EMU= $f_i \ln \sum_{k\in C(i)} e^{V_k/f_i}$	-5.10	-3.84
EMU temp	-5.23	-3.89
Prob nido	0.22	0.78
Prob nido temp	0.21	0.79

Prob finales	Normal	Temp
A	0.18	0.22
B	0.04	0.01

Alt 2: correlación por ruta

	V día normal	V tempestad	Prob nivel inferior: Prob día normal	Prob temp
A	-5.25	-5.25	0.13	0.13
B	-6.25	-7.75	0.28	0.28
C	-3.9	-3.9		
D	-5.6	-7.1		

	Nido Puente	Nido Trans
EMU	-3.80	-5.37
EMU temp	-3.80	-6.87

Prob nido	0.83	0.17
Prob nido temp	0.96	0.04
Prob finales	Normal	Temp
A	0.10	0.12
B	0.05	0.01

Con la inclusión de la variable tempestad, el modelo arroja que prácticamente todos los viajes en auto se hacen por el puente en un día tempestuoso

e) Los ingenieros estructurales están preocupados por la carga que puede sufrir el puente. Suponiendo una matriz origen destino como la que se entrega, y particiones modales como las que derivó en (d), estime el número de vehículos que se espera estén presentes simultáneamente en el puente. Considere que en Chiloé el 30% de los días son tempestuosos.

Matriz de viajes interprovinciales en la X Región [Viajes/año]

	Valdivia	**Osorno**	**Llanquihue**	**Chiloé**	**Palena**
Valdivia		120.647	87.102	12.896	2.937
Osorno	122.186		91.006	14.248	1.862
Llanquihue	87.360	90.982		71.711	6.075
Chiloé	13.184	14.926	71.819		36
Palena	2.915	1.896	5.996	36	

A continuación se presenta un ejemplo de resolución de este problema, que incluye supuestos. Los alumnos tenían libertad para hacer distintos supuestos.

Viajes origen Chiloé	99.965	
Viajes destino Chiloé	98.891	
Total	198.856	Viajes/año
	5.44.8	Viajes por día (promedio)
	22.7	Viajes/h (promedio)
	136.2	Viajes/h-punta, suponiendo que en la hora punta se hace 1/4 de los viajes del día

Ahora se calcula la demanda de autos por el puente [veh/h] (Supuesto: La tasa de ocupación de los autos es 1 [persona/veh], esto es, un viaje en auto equivale a 1 vehículo)

	Pobabilidades		**Demandas hora punta**		**Demandas hora promedio**	
	Normal	**Temp**	**Normal**	**Temp**	**Normal**	**Temp**
Modo A Alt 1	0.18	0.22	24.3	29.3	4.1	4.9
Modo A Alt 2	0.10	0.12	14.3	16.5	2.4	2.8

La velocidad promedio de los vehículos en el puente es: v=2.5 Km/(3/60 h)= 50 [Km/h]
Luego, la cantidad de vehículos por kilómetro se puede obtener dividiendo el flujo por la velocidad: (recordar lña ecuación fundamental del tráfico: f=V*K

	[veh/km] hora punta		**[veh/km] hora promedio**	
	Normal	**Temp**	**Normal**	**Temp**
Modo A Alt 1	0.5	0.6	0.1	0.1
Modo A Alt 2	0.3	0.3	0.0	0.1

Por último, se multiplica por el largo del puente para encontrar la carga:

	Carga hora punta		**Carga hora promedio**	
	Normal	**Temp**	**Normal**	**Temp**
Modo A Alt 1	1.2	1.5	0.2	0.2
Modo A Alt 2	0.7	0.8	0.1	0.1