

Programación Numérica – FINESI

Universidad Nacional del Altiplano
Facultad de Ingeniería Estadística e Informática

Docente: Fred Torres Cruz
Alumno: Leydy Griselda Aguilar Ccopa

Práctica Calificada – Ejercicio 2 Incorporación de un nuevo destino turístico: Isla Anapia

Ejercicio 2: Ampliación de la Matriz de Transición

La comunidad de la Isla Anapia busca integrarse al circuito turístico del Lago Titicaca. Con el propósito de evaluar la viabilidad de esta incorporación y su impacto en la redistribución de visitantes, se amplía el modelo de Cadenas de Markov de cuatro a cinco destinos turísticos.

Este nuevo escenario considera conexiones estratégicas principalmente con Amantaní y Puno Ciudad, permitiendo analizar cómo se modifica el flujo de turistas y cuál sería la participación de mercado de Anapia en el largo plazo.

a) Implementación del Modelo (Código Python)

Para el análisis se implementa un modelo computacional en Python que define una matriz de transición de dimensión 5×5 . El código permite verificar la validez matemática de la matriz, calcular la distribución estacionaria del sistema y comparar los resultados con el modelo base de cuatro destinos.

```
1 import numpy as np
2 import pandas as pd
3 from scipy import linalg
4 import matplotlib.pyplot as plt
5
6 destinos_5 = ['Puno-Ciudad', 'Islas-Uros', 'Taquile', 'Amantani', 'Isla-Anapia']
7
8 # Matriz Original (4x4) para referencia de comparación futura
9 dist_base_4 = np.array([0.3158, 0.2632, 0.2632, 0.1579])
10
11 T_5 = np.array([
12     # Puno, Uros, Taquile, Amantani, Anapia
13     [0.25, 0.40, 0.20, 0.08, 0.07], # Desde Puno
14     [0.50, 0.15, 0.25, 0.08, 0.02], # Desde Uros (Poco flujo a
15     Anapia)
16     [0.40, 0.10, 0.30, 0.18, 0.02], # Desde Taquile
```

```

16     [0.45, 0.15, 0.10, 0.10, 0.20], # Desde Amantani (Conexión
17     fuerte a Anapia)
18     [0.60, 0.05, 0.05, 0.20, 0.10] # Desde Anapia (Nuevo)
19   ])
20
21 # Verificación matemática
22 print("Verificación de la Matriz 5x5:")
23 es_valida = True
24 for i, row in enumerate(T_5):
25     suma = row.sum()
26     print(f"{destinos_5[i]:15}: {suma:.2f}")
27     if abs(suma - 1.0) > 0.001:
28         es_valida = False
29
30 if not es_valida:
31     print("ALERTA: Las filas no suman 1. Revisa las probabilidades.")
32 else:
33     print("Matriz leída: todas las filas suman 1.0\n")
34
35 # Eigenvalues y Eigenvectors
36 eigenvalues_5, eigenvectors_5 = linalg.eig(T_5.T)
37
38 # Eigenvalue dominante
39 idx_dominante_5 = np.argmax(np.abs(eigenvalues_5))
40 v_dominante_5 = eigenvectors_5[:, idx_dominante_5].real
41
42 # Distribución Estacionaria Normalizada
43 dist_estacionaria_5 = v_dominante_5 / v_dominante_5.sum()
44
45 print("\n" + "*60)
46 print("RESULTADOS EJERCICIO 2 (NUEVO DESTINO: ANAPIA)")
47 print("*60)
48 print("\nDistribución de Equilibrio (Participación de Mercado):")
49 print("-*60)
50
51 for i, dest in enumerate(destinos_5):
52     porcentaje = dist_estacionaria_5[i] * 100
53     barra = " " * int(porcentaje / 2)
54     print(f"{dest:15}: {porcentaje:.2f}% {barra}")
55
56 # Comparamos con el modelo base original (4 destinos)
57 print("\n" + "*70)
58 print("ANLISIS DE IMPACTO: QUIN PIERDE TURISTAS?")
59 print("*70)
60 print(f"{'DESTINO':15} | {'ORIGINAL (4)':12} | {'NUEVO (5)':10} | {"DIFERENCIA":10}")
61 print("-*70)

```

```

61
62 # Ajustamos el vector original a adiendo 0% para Anapia para poder
63 # comparar
64 dist_base_ext = np.append(dist_base_4, 0.0)
65
66 for i, dest in enumerate(destinos_5):
67     orig = dist_base_ext[i] * 100
68     nuevo = dist_estacionaria_5[i] * 100
69     diff = nuevo - orig
70
71     flecha = " " if diff < 0 else " "
72     if i == 4:
73         flecha = " " # Anapia es nuevo
74
75     print(f"{{dest:15}}|{{orig:6.2f}}|{{nuevo:6.2f}}|{{flecha}}|{{diff:+.2f}}")
76
77 print("-"*70)
78
79 # Visualizaci n de la Red Tur stica
80 fig, ax = plt.subplots(figsize=(10, 8))
81
82 # Posiciones estrat gicas (Puno arriba, Islas abajo)
83 pos = {
84     0: (0.5, 0.9), # Puno Ciudad (Arriba Centro)
85     1: (0.2, 0.6), # Uros (Izquierda)
86     2: (0.8, 0.6), # Taquile (Derecha)
87     3: (0.35, 0.3), # Amantani (Abajo Izquierda)
88     4: (0.65, 0.3) # Anapia (Abajo Derecha - Nuevo)
89 }
90
91 colores = ['#1f77b4', '#ff7f0e', '#2ca02c', '#d62728', '#9467bd'] #
92 # Anapia es violeta
93
94 # Dibujar Nodos
95 for i in range(len(destinos_5)):
96     x, y = pos[i]
97     # El tama o depende de la importancia (distribuci n
98     # estacionaria)
99     radio = 0.05 + dist_estacionaria_5[i] * 0.15
100
101     circle = plt.Circle((x, y), radio, color=colores[i], alpha=0.7,
102                           zorder=2)
103     ax.add_patch(circle)
104
105     # Etiquetas
106     ax.text(x, y, destinos_5[i], ha='center', va='center',
107             fontweight='bold', fontsize=9, zorder=3)

```

```

104     ax.text(x, y - radio - 0.02, f"{dist_estacionaria_5[i]*100:.1f}%"
105             ,
106             ha='center', va='top', fontsize=9, color='blue', zorder
107             =3)
108
109 # Solo dibujamos flujos significativos (>5%) para no ensuciar el
110 # gráfico
111 for i in range(len(destinos_5)):
112     for j in range(len(destinos_5)):
113         if i != j and T_5[i, j] > 0.05:
114             x1, y1 = pos[i]
115             x2, y2 = pos[j]
116
117             ax.annotate("", xy=(x2, y2), xytext=(x1, y1),
118                         arrowprops=dict(arrowsize="->",
119                                         color="gray",
120                                         alpha=0.5,
121                                         lw=T_5[i, j]*5, # Grosor
122                                         seg_n_probabilidad
123                                         connectionstyle="arc3,rad=0.15"
124                                         ),
125                                         zorder=1)
126
127 ax.set_title("Nueva Red Turística con Isla Anapia (5 Nodos)",
128               fontsize=14, fontweight='bold')
129 ax.axis('off')
130 plt.tight_layout()
131 plt.show()

```

b) Resultados Numéricos

Se verificó que la matriz de transición propuesta cumple con las condiciones necesarias para ser considerada una matriz estocástica, ya que la suma de cada fila es igual a uno. Posteriormente, se calcularon los eigenvalores y eigenvectores del sistema, obteniéndose la distribución estacionaria correspondiente al escenario con la inclusión de Anapia.

Figura 1: Validación de la suma de filas de la matriz de transición.

Figura 2: Distribución de equilibrio considerando el nuevo destino turístico.

c) Análisis de Impacto y Comparación

Se realizó una comparación directa entre el modelo original de cuatro destinos y el modelo expandido de cinco destinos, con el objetivo de identificar cómo se reconfigura la participación turística dentro del sistema.

Figura 3: Comparación de destinos beneficiados y afectados tras la incorporación de Anapia.

Del análisis se desprenden las siguientes observaciones:

- **Impacto en Amantaní:** Se registra una disminución aproximada de 4.68 puntos porcentuales, reduciendo su participación al 11.11 %, lo que confirma la competencia directa en el segmento de turismo vivencial.
- **Consolidación de Puno Ciudad:** Puno Ciudad incrementa su participación en cerca de 6.80 puntos porcentuales, beneficiándose de la mayor complejidad de la red turística y del aumento de pernoctaciones logísticas.

d) Visualización de la Red Turística (5 Nodos)

La representación gráfica de la red turística permite observar claramente la integración de la Isla Anapia como un nuevo nodo dentro del sistema. La visualización muestra que el principal flujo de visitantes hacia Anapia proviene de Amantaní y Puno Ciudad, confirmando la importancia de estas conexiones estratégicas.

Figura 4: Red turística expandida que muestra las interconexiones y los pesos relativos entre los destinos.

e) Reflexión y Propuestas Estratégicas

1. **Viabilidad del proyecto:** Con una participación proyectada del 6.43 %, el desarrollo de Anapia resulta viable desde el punto de vista matemático, logrando captar una fracción relevante de turistas sin convertirse en un nodo principal.
2. **Estrategia de marketing:** Se recomienda evitar la competencia directa en precios con Amantaní y, en su lugar, promover una Ruta Vivencial Integrada mediante un ticket conjunto Amantaní–Anapia, aprovechando que aproximadamente el 20 % del flujo hacia Anapia proviene de la isla vecina.
3. **Sensibilidad a los precios:** Una reducción de precios en Anapia podría aumentar la probabilidad de transición desde Amantaní, elevando su cuota de mercado hasta un rango estimado de 8–9 %. Sin embargo, esta estrategia podría generar una caída significativa en los ingresos de Amantaní y posibles conflictos sociales a nivel regional.