

Avances en la investigación sobre el comportamiento pendular orientado al transporte ferroviario

WEN Zhiqing, XU Xiaoyan

Palabras clave: transporte ferroviario; comportamiento pendular (commuting); revisión de la literatura

Resumen: Con la expansión de los sistemas de transporte ferroviario urbano, la dependencia de los usuarios hacia este modo de transporte se ha intensificado, despertando un creciente interés académico por los fenómenos de los desplazamientos de larga distancia y el "commuting" extremo. Si bien numerosos estudios han abordado el comportamiento pendular en el transporte ferroviario desde diversas perspectivas, su complejidad y carácter multidisciplinario han derivado en hallazgos fragmentados, lo que dificulta el establecimiento de una agenda de investigación integrada. Mediante el uso de métodos bibliométricos y técnicas de revisión explicativa, este estudio sintetiza la literatura existente para categorizar cinco áreas fundamentales de investigación: elección modal, experiencia emocional, percepción fisiológica, utilidad de la actividad y modelización predictiva. El objetivo es ofrecer perspectivas interdisciplinarias que faciliten la comprensión de la dinámica evolutiva de los desplazamientos ferroviarios en contextos de desarrollo urbano desigual, trazando la evolución de las teorías pertinentes y consolidando un marco analítico que oriente futuras investigaciones sobre el comportamiento pendular en sistemas ferroviarios.

1. Definición de conceptos relacionados

El concepto de "commuting" (desplazamiento pendular) surgió a mediados del siglo XIX con el auge del ferrocarril urbano. A medida que el término se generalizó, las definiciones sobre sus umbrales han variado: mientras algunos autores definen al "pendular" como aquel individuo que recorre una distancia superior a 400 metros desde su hogar al trabajo, otros proponen umbrales temporales (ej. menos de 20 minutos de trayecto excluye al usuario de esta categoría). En este trabajo, el **comportamiento pendular orientado al transporte ferroviario** se define como el desplazamiento altamente repetitivo y relativamente regular entre la residencia y el lugar de trabajo, realizado por individuos cuya separación hogar-trabajo integra el transporte ferroviario (incluyendo alta velocidad, trenes regionales y metro) como uno de sus modos principales.

2. Trayectorias de investigación

2.1. Evolución teórica

Desde la década de 1950, las ciencias del comportamiento y la investigación en transporte han convergido. Tras el predominio de la física social y la economía en los años 60, la década

de 1970 introdujo teorías de elección conductual basadas en la microeconomía y la psicología, como la utilidad aleatoria. Hacia mediados de los 80, la teoría de la actividad y la geografía del tiempo transformaron el enfoque de la "movilidad" hacia la "actividad", desplazando la unidad de análisis de las zonas de tráfico macroscópicas al individuo y su hogar. Actualmente, el uso de *big data* (señalización móvil, datos de tarjetas de transporte) ha permitido analizar la distribución espacio-temporal de los desplazamientos, enriqueciendo tanto la teoría como la práctica.

2.2. Marco de trabajo

El comportamiento pendular es una transición espacio-temporal entre el ámbito privado y el profesional. Siguiendo la teoría de las prácticas de movilidad, la capacidad de desplazamiento no solo depende de la aptitud física del individuo, sino del acceso a recursos externos. Este estudio propone un marco integral (Fig. 1) que clasifica los factores de influencia en:

Factores individuales: Atributos sociales (estilo de vida, nivel socioeconómico) y atributos naturales (fisiológicos y psicológicos, estos últimos divididos en dimensiones racionales e irracionales).

Factores ambientales: Entorno percibido (obstáculos, congestión, confort) y entorno objetivo (entorno social y entorno construido).

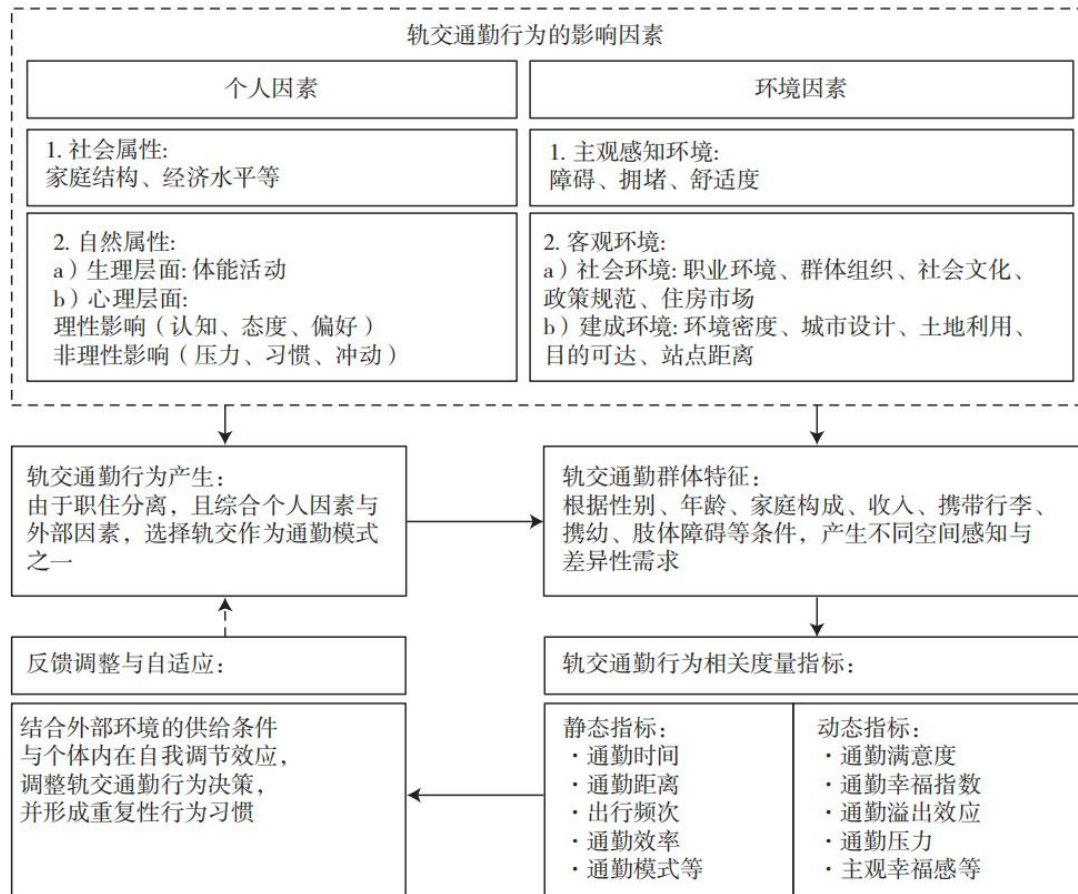


Fig.1 A framework map of research pathways to influence rail commuter behavior

3. Análisis bibliométrico y explicativo

3.1. Selección de literatura

Se realizó una búsqueda en *Web of Science* y *CNKI* (base de datos académica de China) sobre los últimos 20 años, utilizando términos como "metro", "ferrocarril", "comportamiento pendular", etc. Tras una criba rigurosa basada en el valor académico y la relevancia temática, se seleccionaron 36 estudios representativos para esta revisión.

3.2. Tendencias y hallazgos

El análisis bibliométrico muestra que, mientras la investigación sobre "transporte ferroviario" ha crecido significativamente (con un pico en 2020), los estudios sobre "comportamiento pendular" han mantenido una atención académica relativamente baja (Fig. 2), sugiriendo un alto potencial de desarrollo. Las divergencias entre la investigación nacional (enfocada en eficiencia modal, planificación espacial y simulación) e internacional (enfocada en la experiencia emocional y la percepción fisiológica) responden a diferentes etapas de madurez de sus infraestructuras ferroviarias.

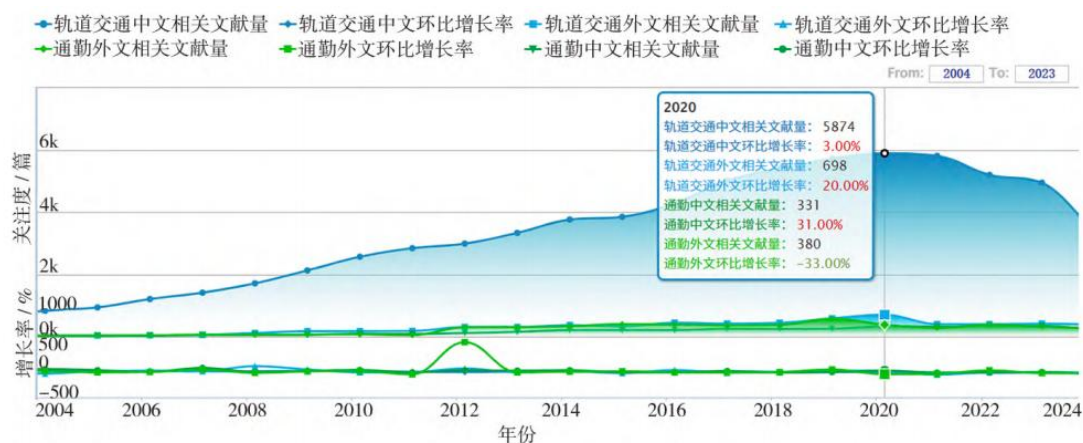


Fig.2 Comparative analysis of knowledge meta-index between "rail transit" and "commuting"

3.3. Revisión de las cinco áreas clave

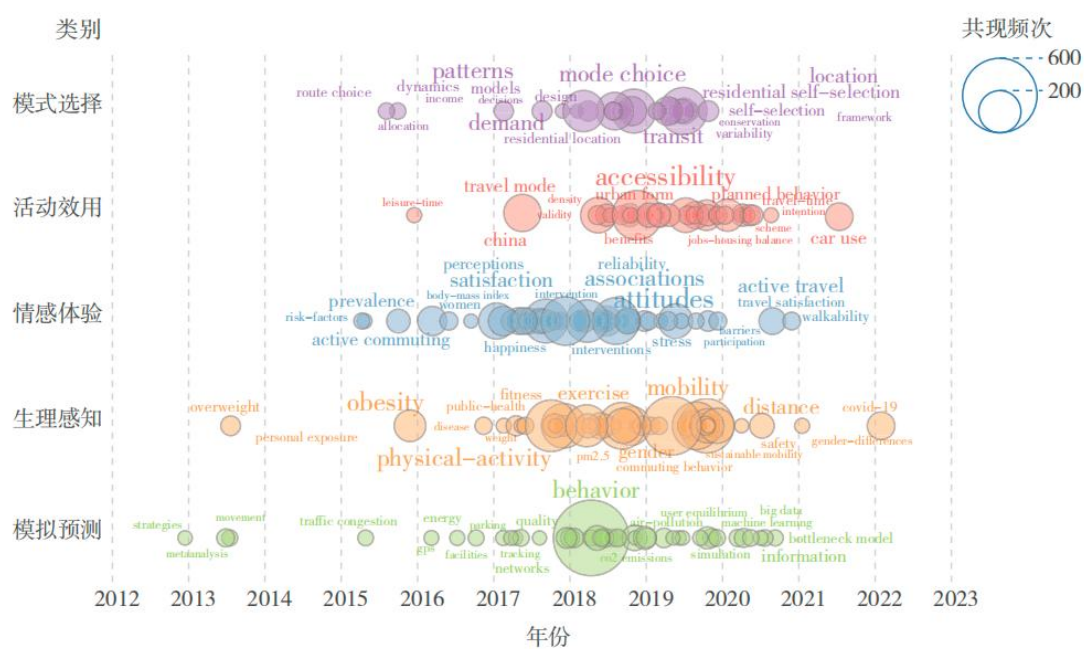
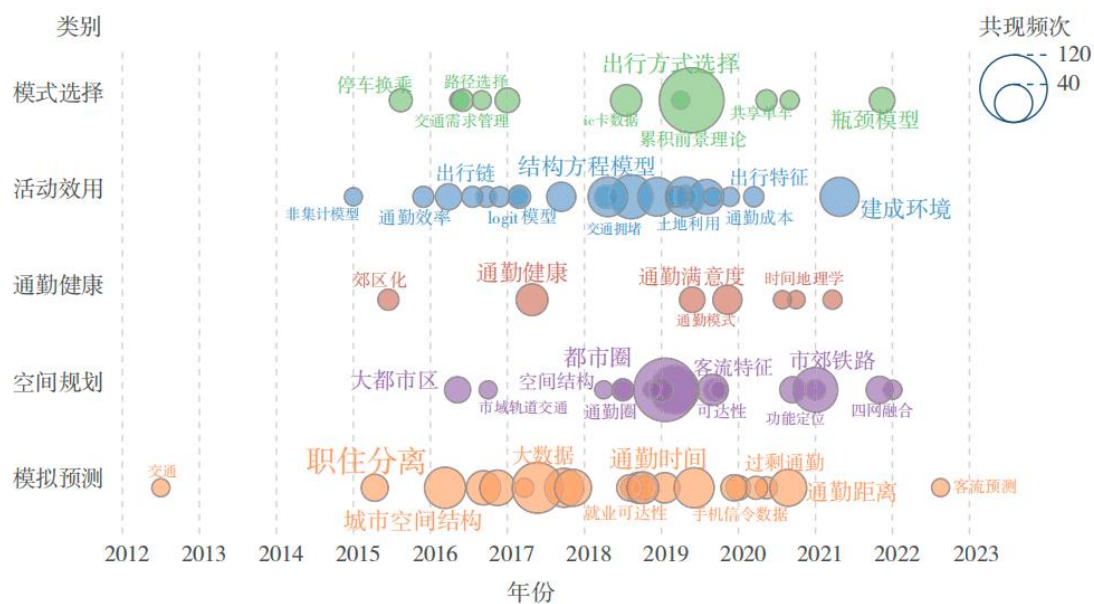
Elección modal: La accesibilidad y la configuración de las estaciones influyen directamente en la dependencia del automóvil. La percepción del tiempo de espera y el acceso a la última milla son determinantes críticos.

Experiencia emocional: La satisfacción se ve afectada tanto por la calidad de la infraestructura como por factores actitudinales. El estrés pendular, medido a través de indicadores fisiológicos (niveles de cortisol), puede mitigarse mediante la mejora del confort y la predictibilidad del servicio.

Percepción fisiológica: Se analiza la relación entre el transporte, la actividad física y la salud. Existe evidencia de que rangos de caminata aceptables hacia las estaciones pueden alcanzar los 2 km, demostrando el alto poder de atracción del sistema ferroviario.

Utilidad de la actividad: Los investigadores examinan cómo los usuarios maximizan la utilidad durante el tiempo de viaje. La planificación del entorno puede reducir el tiempo total de desplazamiento, aumentando las oportunidades para actividades de ocio.

Modelización predictiva: Se han desarrollado modelos avanzados —incluyendo simulaciones de micro-comportamiento, teoría de juegos y grafos dirigidos— para predecir la demanda y evaluar la eficiencia de las estaciones, proporcionando una base técnica robusta para la toma de decisiones.



4. Valoración y conclusiones

La investigación futura debe superar el enfoque disciplinar único. Dada la complejidad del comportamiento pendular, es necesaria una **colaboración interdisciplinaria** que integre indicadores estáticos y dinámicos. Se requiere profundizar en la identificación de datos críticos, superando las limitaciones de los modelos tradicionales que omiten variables como

el estrés acumulado, el esfuerzo cognitivo-físico y las condiciones de accesibilidad real (ej. barreras arquitectónicas).

En conclusión, el paradigma actual debe trascender el principio de "máxima eficiencia" para adoptar una visión más humana y sostenible. La digitalización ofrece nuevas oportunidades para medir comportamientos en tiempo real; no obstante, el desafío sigue siendo equilibrar las constantes de la naturaleza humana con la evolución tecnológica, fomentando entornos que no solo transporten eficientemente, sino que promuevan una experiencia pendular saludable y satisfactoria.

(AI 辅助翻译)