

基于GIS的城市公交线网分析及评价研究

——以大连金普新区为例

周家珂¹, 张舒亚¹, 王冰洁^{2*}, 王铭涛^{2,3}

¹辽宁师范大学地理科学学院, 辽宁 大连

²大连金普新区自然资源事务服务中心, 辽宁 大连

³大连金石滩国家旅游度假区规划建设局, 辽宁 大连

收稿日期: 2025年9月24日; 录用日期: 2025年10月31日; 发布日期: 2025年11月11日

摘要

公交线网评价作为衡量城市可持续发展的重要指标, 是推动城市高质量发展的关键因素。精确的公交线网分析评价, 对于评估城市发展进程、城市道路空间品质以及城市交通研究具有重要的价值和意义。文章将以大连市金普新区为例, 通过高德地图获取公交线网、站点相关数据, 以《公共汽电车线网评价指标》(JT/T 1457-2023)为主要评价标准并基于GIS进行空间分析, 根据相应情况将研究区域分别以街道、格网作为评价单元, 并基于GIS软件将分析结果进行可视化。结果显示: 大连市金普新区公交线网及站点整体分布不均; 公交线路总长度不足; 公交站点覆盖率不足, 生活服务覆盖率不够均衡; 部分线网非直线系数需进一步优化。该研究结果可为进一步优化金普新区公交线网从而促进金普新区可持续发展提供科学支撑。

关键词

GIS, 公交线网, 线网评价, 大连金普新区

Research on Analysis and Evaluation of Urban Public Transport Network Based on GIS

—A Case Study of Dalian Jinpu New Area

*通讯作者。

文章引用: 周家珂, 张舒亚, 王冰洁, 王铭涛. 基于 GIS 的城市公交线网分析及评价研究[J]. 交通技术, 2025, 14(6): 739-753. DOI: 10.12677/ojtt.2025.146074

Jiake Zhou¹, Shuya Zhang¹, Bingjie Wang^{2*}, Mingtao Wang^{2,3}

¹School of Geographical Sciences, Liaoning Normal University, Dalian Liaoning

²Dalian Jinpu New Area Natural Resources Affairs Service Center, Dalian Liaoning

³Dalian Jinshitan National Tourist Resort Planning and Construction Bureau, Dalian Liaoning

Received: September 24, 2025; accepted: October 31, 2025; published: November 11, 2025

Abstract

The evaluation of the public transport network is an important indicator of urban sustainable development and a key factor in promoting high-quality urban development. Accurate analysis and evaluation of the public transport network are of great significance for assessing urban development processes, the quality of urban road spaces, and urban transportation research. This paper takes the Jinpu New Area of Dalian as an example, using Python web scraping techniques to obtain data related to the public transport network and stations. The Public Bus and Trolleybus Network Evaluation Indicators (JT/T 1457-2023) serve as the main evaluation standard, and spatial analysis is conducted based on GIS. The research area is evaluated using streets and grids as units of analysis, and the results are visualized using GIS software, addressing gaps in previous research. The results indicate that the overall distribution of the public transport network and stations in Jinpu New Area of Dalian is uneven; the total length of bus routes is inadequate; the coverage of bus stations is lacking, with essential service coverage also being uneven; and some non-linear coefficients in the network require further optimization. This research can provide scientific support for further optimizing the public transport network in Jinpu New Area to promote sustainable development in the area.

Keywords

GIS, Bus Route Network, Line Network Evaluation, Dalian Jinpu New Area

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

在城市人口激增与全球变暖的双重背景下，城市交通系统正面临着效率与可持续性等多方面的挑战。随着城市人口不断增长、土地资源利用与碳排放压力加剧，传统以私家车为主导的交通模式已不能满足大众出行。这一现象使得以“公交优先[1]、低碳转型、空间重构”为核心的城市交通治理新模式应运而生。在此背景下，城市公共交通的发展水平在一定程度上已成为衡量城市发展的重要指标，城市公交线网研究及评价的重要性也不言而喻，其不仅可以作为解决“大城市病”的关键技术工具，也是实现“15 分钟生活圈”[2]、响应碳中和目标[3]、推动可持续发展的重要载体。从空间规划视角看，“15 分钟生活圈”理念的全球实践(如巴黎[4]、上海[5])重构了城市功能组织逻辑，要求居民在步行或骑行范围内满足生活基本需求，从而减少长距离机动化出行依赖。在环境维度，交通领域约占全球碳排放 1/4 [6]，城市公交系统的低碳化与效能提升成为各国碳中和行动的核心抓手。因此，精确的公交线网分析评价，对于评估城市发展进程、城市道路空间品质以及城市交通研究具有重要的价值和

意义。

国外基于 GIS 的公交线网研究起步较早。早期对于公交的研究侧重于公交可达性评价,例如美国学者 Hansen [7]最早提出可达性概念,并用“重力模型”加以描述;Dalvi [8]从两方面研究了分区系统对城市交通可达性的影响。随着 GIS 技术的兴起,使得在公交线网研究中引入 GIS 成为必然,Sullivan 等[9]通过 GIS 技术生成并分析等时线地图,进而提出公交路径的最佳选择;Mohammed 等[10]基于 GIS 开发 P-TRANE 公交网络演进模型,来预测公交网络信息服务变化;随着 GIS 技术的成熟,研究逐渐转向多维度的综合评价,如 Venter 等[11]结合社会经济数据(收入、就业密度)分析公交服务的公平性。此外,国外研究还注重政策与实践结合。例如,欧盟“地平线 2020”[12]计划资助了多个基于 GIS 的公交优化项目,强调低碳目标与社区参与;日本东京通过 GIS 分析老龄人口分布,针对性优化无障碍公交线路[13]。

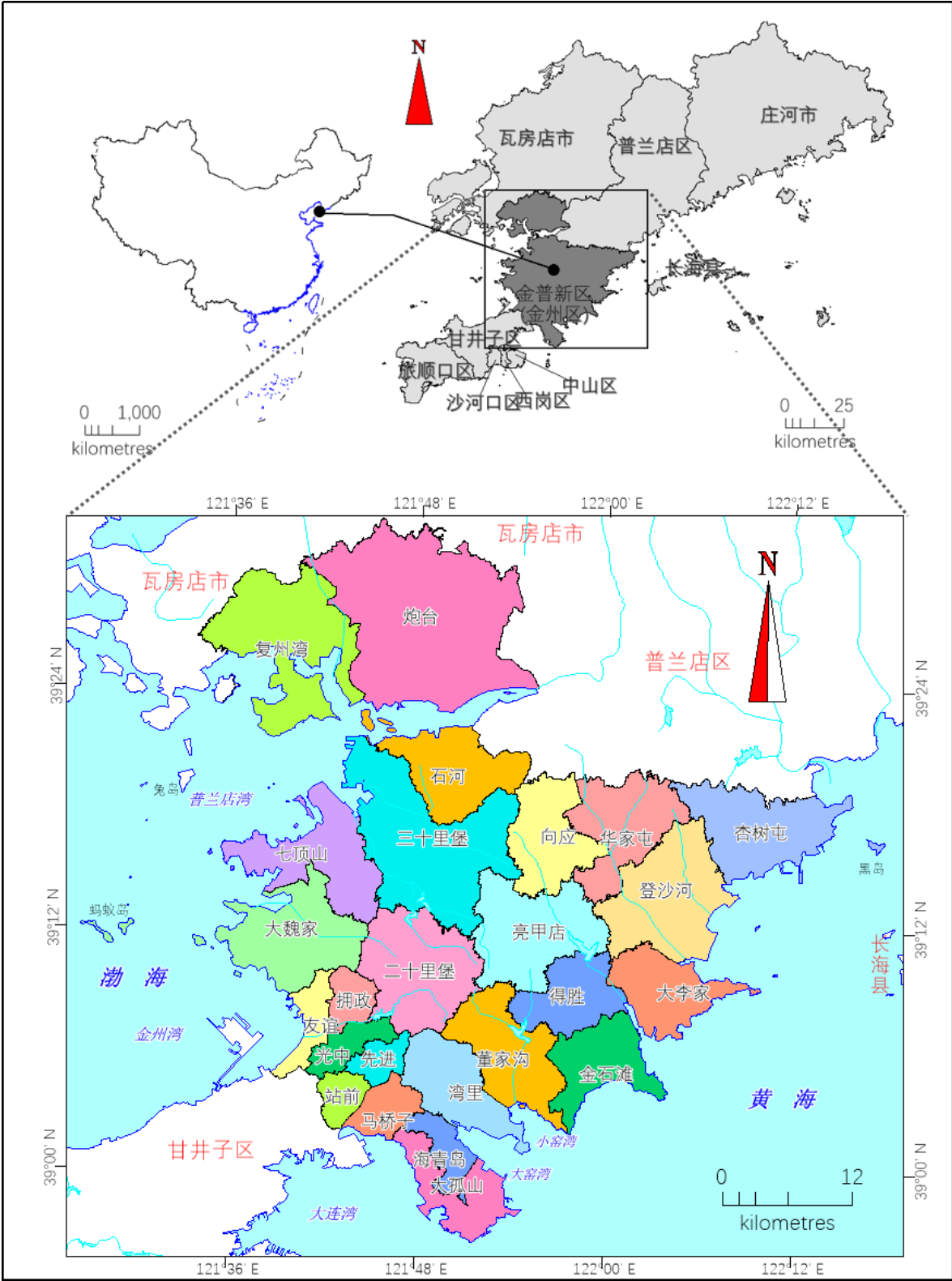
我国基于 GIS 的公交线网分析与评价研究起步较晚,但近年来随着智慧城市建设、交通强国战略的推进,相关研究发展迅速。早期对公交线网的分析及评价研究主要集中在公交线网的静态空间特征分析上,例如韩传峰等[14]研究城市公交路网的拓扑结构,利用拓扑结构对城市公交路网做出评价;在公交线网的评价体系中引入地理信息系统(GIS)后,公交线网的研究开始趋于多维化,例如张树山[15]针对传统手工计算分维数的不足之处建立了公交线网覆盖的分形模型,在一定程度上提高了公交线网在覆盖度方面评价的准确性和工作效率;在对公交线网评价过程中,地理信息系统(GIS)平台恰好满足其需要大量的空间数据支持的特点,于是地理信息系统(GIS)参与全过程的公交线网评价应运而生,例如阎利军[16]在公交线网规划中以大连市为例展示了 GIS 全过程参与公交线网评价中数据的管理、显示、挖掘以及设计辅助和成果管理;而 2010 年以来,快速发展的数据模型逐渐与 GIS 相结合,使得公交线网评价更加高效和快捷,例如朱红旗[17]基于行业数据的表达、维护、需求、拓展以及软件运用和数据存储等多方面考虑后,提出基于 GIS 的城市公交线网数据模型,且从应用效果对其进行分析,阐述其可行性和高效性;近年来,随着人工智能的崛起,大数据智能算法逐渐走入大众视野,由于公交线网评价体系数据庞大、难以优化,因此 GIS 技术与智能算法结合的优化方式得以萌芽,例如杜小玉等[18]基于 GIS 技术庞大的空间信息数据支撑能力和智能算法强大的深度优化能力对两者协同促进公交线网优化的实现进行探讨。

本文主要研究内容分为公交站点研究和公交线网研究两部分,公交站点研究包括公交站点覆盖率、生活服务覆盖率以及人口覆盖率三方面,基于 15 分钟生活圈[19]和 30 分钟城市圈[20]的概念,对站点分别进行 500 米、1000 米、1500 米三个尺度的研究;公交线网的研究包括线网密度、线网覆盖率、线网重复系数、线网平均站距、非直线系数五个方面[21],根据研究内容的不同特点以不同的评价单元进行可视化处理。

2. 研究区与数据准备

2.1. 研究区概况

金普新区位于欧亚大陆东岸,中国东北辽东半岛最南端的大连市,位置介于北纬 38°65′~39°23′N、东经 121°26′~122°19′之间(图 1)。金普新区作为中国第 10 (2014 年设立)、东北地区最大的国家级新区,由原大连金州新区与普湾经济区整合而成,其地理位置十分优越,东濒黄海(隔海与长海县相望)、西临渤海,南接大连主城甘井子区,北连东北腹地,总面积约 4572.39 平方公里,其中陆域面积约 1792.92 平方公里,海域面积约 2779.47 平方公里,常住人口约 160 万,该区域由 25 个街道组成,公交线路 54 条,公交线网主要覆盖街道 15 个。



注：该图基于自然资源部标准底图服务网站下载的审图号为 GS (2024) 0650 号的标准地图制作，底图无修改。下同。

Figure 1. Location map of Dalian Jinpu new area
图 1. 大连市金普新区区位图

2.2. 数据准备

Table 1. Data source
表 1. 数据来源

数据名称	来源	年份
大连市金普新区矢量图	国家标准比例尺 GIS 矢量化地形图	2022
POI 数据	Open Street Map (OSM, 开放矢量 GIS 数据)	2020
人口密度图	Oak Ridge National Laboratory (ORNL, 美国橡树岭国家实验室)	2023
大连市金普新区路网数据	Open Street Map (OSM, 开放矢量 GIS 数据)	2023
土地利用数据	Open Street Map (OSM, 开放矢量 GIS 数据)	2022

如表 1,大连市金普新区矢量图是根据国家标准比例尺 GIS 矢量化地形图所规定的矢量边界获取的,该地图边界清晰标准,为以街道为单元进行评价的可视化提供了基础。

从 Open Street Map (OSM, 开放矢量 GIS 数据)中获取的 POI 数据包括科教文、医疗卫生、体育运动、商业住宅四个方面的数据,经过整合后主要用于进行公交站点生活服务覆盖的评价。

人口密度数据是通过 Oak Ridge National Laboratory (ORNL, 美国橡树岭国家实验室)获取的精度为 1km 的 LandScan 全球人口数据,为公交站点人口覆盖指标提供数据基础。

大连市金普新区路网数据是在 Open Street Map (OSM, 开放矢量 GIS 数据)中获取并进行预处理,在基于 GIS 进行处理后用于进行公交线网各指标的计算。

土地利用的数据获取于 Open Street Map (OSM, 开放矢量 GIS 数据),用于线网密度等指标计算前对金普新区矢量数据的预处理。

2.3. 数据预处理

数据的预处理主要包含数据采集、数据处理和数据分析三个阶段。具体流程为:利用 Python 爬虫技术从高德地图 API 接口爬取大连市金普新区 54 条公交线网及相关公交站点的数 据,通过 Oak Ridge National Laboratory (美国橡树岭国家实验室, ORNL)获取人口密度数据,整合从 Open Street Map (OSM)获取的大连市金普新区的 POI 数据,结合爬虫获取的公交站点数据,通过 GIS 空间分析功能计算公交站点的相关指标(不同缓冲区覆盖率、生活功能区覆盖分析)。通过 Open Street Map (OSM)获取土地利用数据基于 GIS 整合获取不适宜用地用于公交线网密度分析,将由 Open Street Map (OSM)获取的路网数据基于 GIS 进行提取融合后通过 GIS 空间分析技术计算线网的相关系数(线网覆盖率、线网重复系数),而后从整体到局部对公交线网相关系数进行分析与评价并将结果进行可视化。

3. 研究方法

3.1. 公交线网数据获取方法

通过互联网地图服务提供商获取公交站点及线网数据通常可利用 web 浏览器打开指定 url 页面,并通过指定线路名称获取该线路的站点及线网数据,获取步骤如图 2 所示:



Figure 2. The process of obtaining public transportation data

图 2. 公交数据获取流程

3.2. 公交线网分析评价方法

本文线网及站点分析综合考虑数据精度、处理效率、实际应用需求以及制图标准等多方面因素采用 500 米 × 500 米格网、公交线网分布街道两种形式作为评价单元，两者优势互补，将根据不同指标的特点采取行政单元与格网两种不同的评价方式能够较为清晰的表达各指标评价特点，以便从定性和定量两种角度更加均质、直观地可视化评价结果。

3.2.1. 公交站点评价

(1) 公交站点覆盖率

公交站点覆盖率的定义为在城市一定区域范围内，所有公交站点在一定半径范围所覆盖的区域面积，占适宜设置公交线路的区域总面积的比例。其中，公交站点一定半径范围覆盖的区域面积，是以城市在一定区域范围内每一个公交站点为圆心，再以一定距离为半径进行画圆，形成的所有圆的面积之和，且不包含重叠部分[21]。

$$P_{stop} = \frac{A_{bus}}{A} \quad (1)$$

其中： P_{stop} 表示公交站点覆盖率； A_{bus} 为在城市一定区域范围内，公交站点在一定半径范围内所覆盖的区域面积； A 为城市范围面积。

(2) 人口覆盖率

在城市一定区域范围内，区域内公交站点一定半径范围内覆盖的人口数占该区域总人口的比例。选取公交站点附近 500 米、1000 米、1500 米作为缓冲区，来研究站点一定半径内的人口覆盖率。

$$P_{stop}^{pop} = \frac{Pop_{公交}}{Pop} \quad (2)$$

其中: P_{stop}^{pop} 表示公交站点人口覆盖率; $Pop_{公交}$ 为在城市一定区域范围内, 公交站点在一定半径缓冲区覆盖的人口数量; Pop 为该区域范围内的总人口数量。

(3) 生活服务覆盖指数

以站点为中心建立 500 米、1000 米、1500 米缓冲区, 对网格中的教育、医疗、体育、商宅等 4 类 POI 数据进行统计分析。站点附近 500 米内有某类别 POI 数据的则站点该类别得分赋值 4 分; 500~1000 米内有数据的则站点该类别得分赋值 2 分; 1000~1500 米内有数据的则站点该类别得分赋值 1 分; 1500 米范围内数据的则站点该类别得 0 分。

$$P_{stop}^{poi} = \sum Score_{stop}^i \quad (3)$$

其中: P_{stop}^{poi} 表示公交站点的生活服务覆盖指数; $Score_{stop}^i$ 为单个公交站点针对第 i 类生活服务设施(教育、医疗、体育、商宅)的得分, 其赋值规则基于 POI 与站点的距离。

3.2.2. 线网评价

(1) 线路网密度

路网密度的定义为截至统计期末, 城市一定区域范围内, 公共汽电车运营线路网长度, 即公共汽电车线路经过的城市道路中心线总长度, 占适宜设置公共汽电车线路区域总面积的比值[21]。

$$D_{line} = \frac{L_{line}}{S} \quad (4)$$

其中: D_{line} 为线网密度; L_{line} 为城市一定区域范围内, 公交车线路网总长度, 即公交车线路经过的城市道路中心线的总长度, S 为适宜设置公共汽电车线路区域总面积。

(2) 线路网覆盖率

线网覆盖率的定义为截至统计期末, 城市一定区域范围内, 公共汽电车运营线路网长度占城市道路长度的比例[21]。

$$P_{line} = \frac{L_{network}}{L_{road}} \quad (5)$$

其中: P_{line} 为线网覆盖率; $L_{network}$ 为城市一定区域范围内公交运营线路网长度经过城市道路中心线的总长度; L_{road} 为城市一定区域范围内城市道路总长度。

(3) 线网重复系数

线网重复系数的定义为截至统计期末, 城市一定区域范围内, 公共汽电车线路总长度与线路网长度的比例[21]。

$$O_{line} = \frac{\sum L_{line}}{L_{network}} \quad (6)$$

其中: O_{line} 为公交线网重复系数; L_{line} 为城市一定范围内单条公交运营线路的长度, $L_{network}$ 为线路网长度。

(4) 线网平均站距

平均站距指的是在一条交通线路上, 相邻站点之间距离的平均值, 它能反映站点分布的疏密程度。

$$S_{line} = \frac{L_{line}}{n-1} \quad (7)$$

其中: S_{line} 线路平均站距; L_{line} 为单条公交线路的长度, n 为单条公交线路所对应的站点数。

(5) 非直线系数

非直线系数的定义为单条公交车线路的长度与该线路始发站至终点站空间的直线距离之比, 不考虑环行线路[21]。

$$N_{line} = \frac{L_{line}}{L_{end-to-end}} \quad (8)$$

其中, N_{line} 为线路非直线系数; L_{line} 为单条公交车线路的长度, $L_{end-to-end}$ 为线路始发站和终点站之间的直线距离。

4. 结果及讨论

4.1. 站点合理性分析

4.1.1. 站点覆盖率分析

各街道 500 米、1000 米、1500 米公交站点覆盖率如图 3 所示。在公交线网分布街道中, 站点 500 米覆盖率仅马桥子街道符合公交线网覆盖率不低于 90% 的标准[22]。1000 米半径覆盖范围显示除马桥子街道覆盖率达 98% 外, 其余各街道覆盖率最高值仍低于 80% (海清石街道 78%); 且 1500 米半径覆盖范围显示仍有街道覆盖率不足 30% (大魏家街道 29%), 高于 90% 的街道仅 3 个 (马桥子街道 100%、拥政街道 92%、海清石街道 91%)。

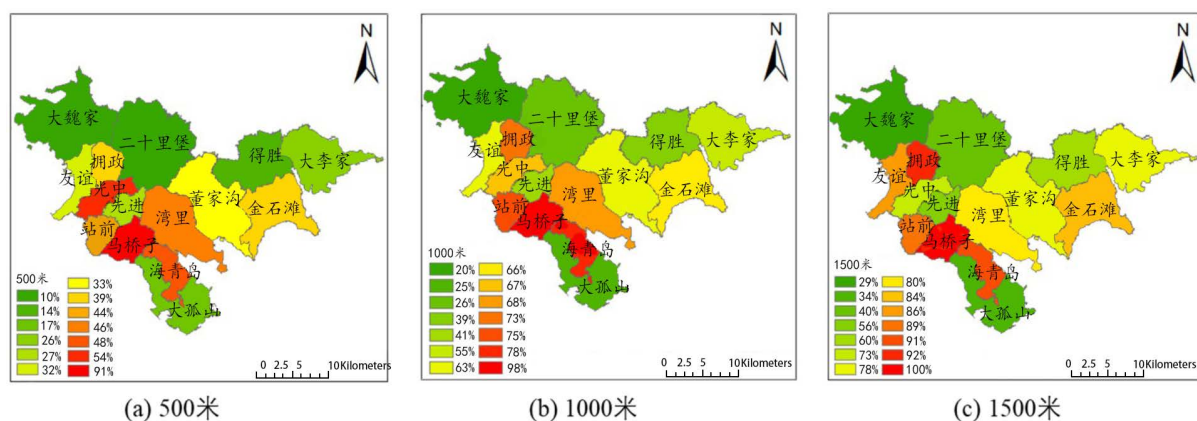


Figure 3. Distribution map of bus stop coverage in each street

图 3. 各街道公交站点覆盖率分布图

4.1.2. 人口覆盖率分析

图 4 所示为各街道公交站点人口覆盖占比可视化结果。由图可知, 公交站点 500 米、1000 米、1500 米区域范围内人口覆盖总体覆盖率均未达 90%, 且不同街道之间人口覆盖率存在分布不均、差距较大的特点, 总体分布呈现老城区优于新城区、邻近市区总体区域优于腹地区域的趋势。

4.1.3. 生活服务覆盖率分析

将生活服务覆盖分析数据基于网格进行空间分析, 以街道为单元进行可视化表达如图 5 所示。总体而言, 城区站点生活服务覆盖评价优于腹地乡镇, 在生活服务综合评价标准下, 公交站点所分布的 15 个街道中, 6 个街道评价为优秀 (拥政街道、友谊街道、站前街道、先进街道、马桥子街道、大孤山街道); 5 个街道评价为良好 (大魏家街道、光中街道、湾里街道、海青石街道、金石滩街道); 2 个街道评价为中等 (董家沟街道、得胜街道); 2 个街道评价为较差 (二十里堡街道、大李家街道)。评级为优秀的街道集中

在金普新区南部与大连市甘井子区接壤及附近区域，总体评价呈自市区接壤地区由南向北，自城区向乡村由优及差的趋势。

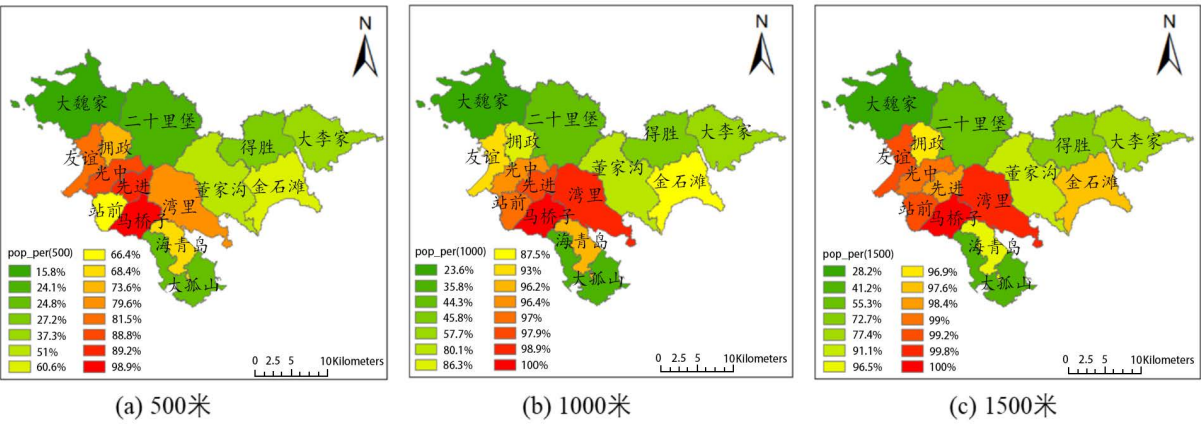


Figure 4. Population coverage distribution map of bus stops in each street
图 4. 各街道公交站点人口覆盖率分布图

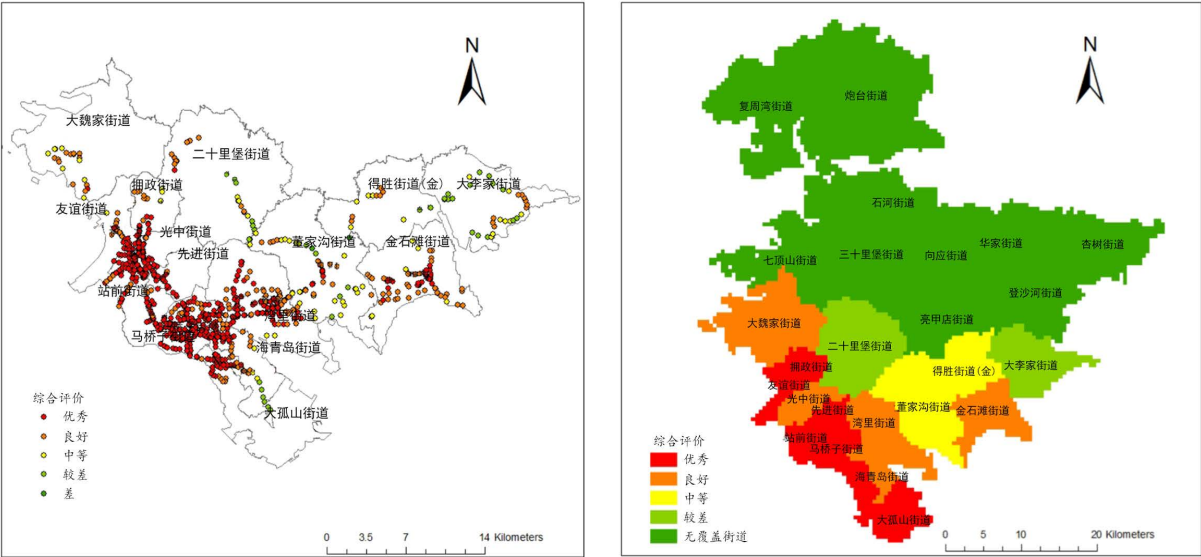


Figure 5. Comprehensive evaluation distribution map of the sites
图 5. 站点综合评价分布图

4.2. 线网合理性分析

4.2.1. 线路网密度分析

基于 GIS 空间分析得出区域内公交线路总长度约为 746.3 千米，而区域总面积为 1746.5 平方千米，不适宜用地面积为 105.2 平方千米，经计算得线网密度为 0.45 km/km²。如图 6，其中在公交线分布的大魏家、拥政、友谊等十五个街道中，街道总面积为 680 平方千米，不适宜用地占地面积 87.5 平方千米，适宜设置公交线网用地为 592.5 平方千米，公交线路覆盖区域线网密度约为 1.29 km/km²，与国家标准[22]线网密度值全市宜为 2.5 km/km² 相差较大，且以街道为评价单元仅有 4 个街道(先进街道、光中街道、马桥子街道、海青岛街道)符合该标准。

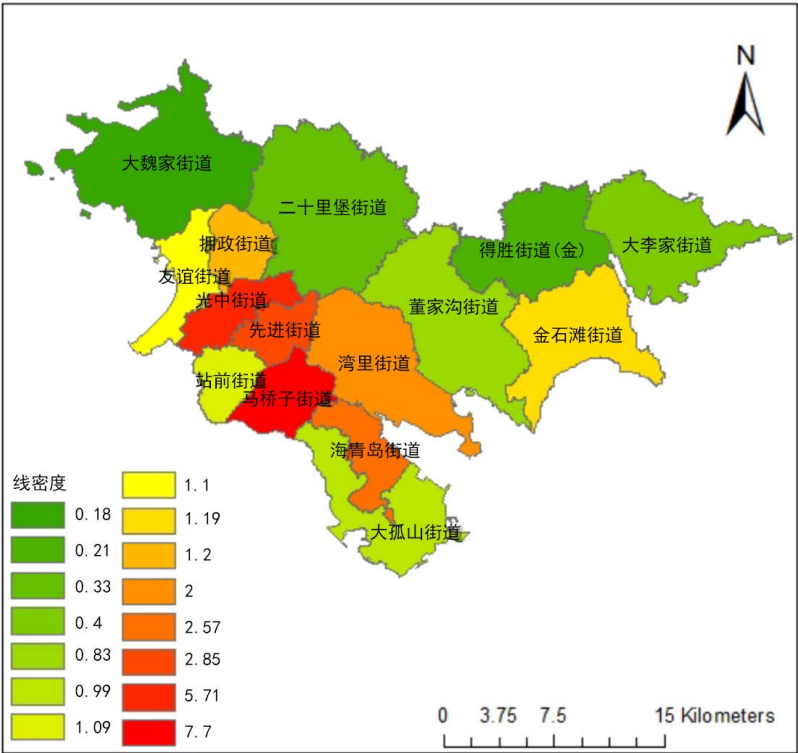


Figure 6. Distribution of wire network density
图 6. 线网密度分布

4.2.2. 线路网覆盖率分析

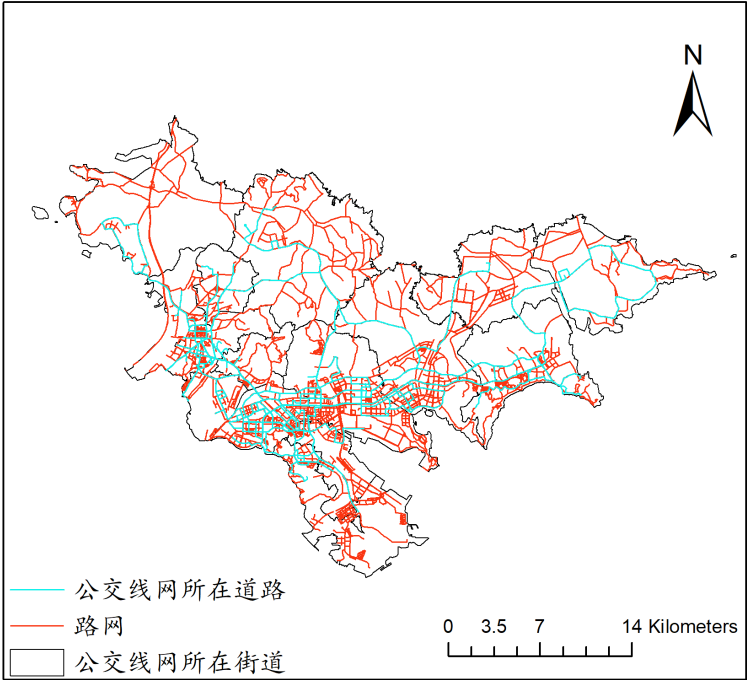


Figure 7. The urban roads where the bus network is located
图 7. 公交线网所在城市道路

基于 GIS 技术对数据公交线网所在城市道路进行提取, 得到图 7 所示公交线网所在城市道路数据, 根据线路网覆盖率计算方法得到公交线路网覆盖率。基于 GIS 进行空间分析得 $L_{\text{线网}}$ 为 493.4 千米, $L_{\text{道路}}$ 为 1746.2 千米, 经上述计算得线网覆盖率为 28%, 未达城市建成区线网覆盖率不宜低于 40% [23] 的标准。

4.2.3. 线网重复系数

如图 8 所示, 基于 GIS 对提取的线网所在路段进行线网重复系数进行分析计算。基于 GIS 进行空间分析与计算得 $\Sigma L_{\text{线网}}$ 为 764.3 千米, $L_{\text{线网}}$ 为 493.4 千米, 公交线网重复系数为 1.55, 符合中国公路学会《交通工程手册》标准(重复系数介于 1.25~2.05)。

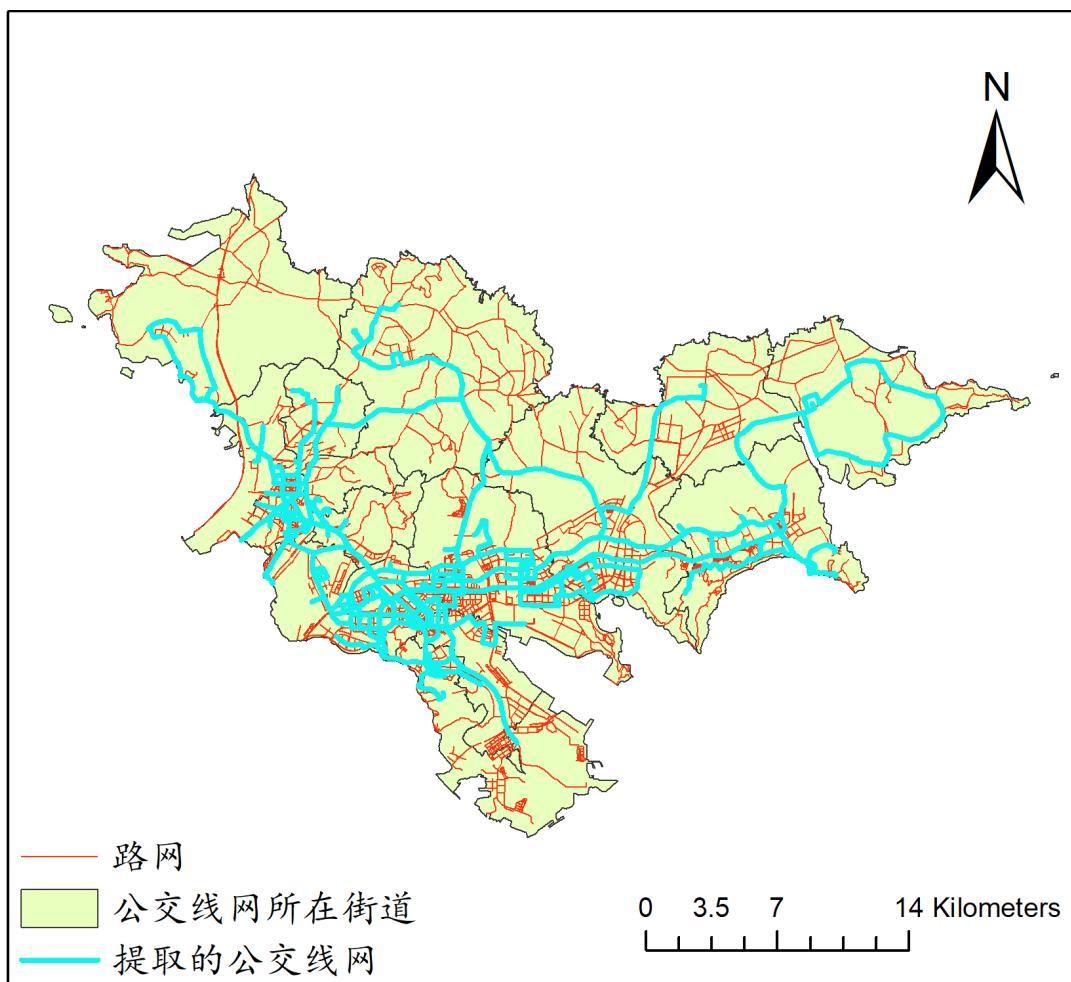


Figure 8. Extract duplicate sections of the bus network from the road network

图 8. 从路网中提取公交线网重复路段

4.2.4. 平均站距

基于 GIS 空间分析得出如图 9 所示的公交线网平均站距分布数据。以国家相关标准[24]知支线站距为 0.3~0.5km, 干线站距范围为 0.5 km~0.8 km, 快线站距范围为 0.8 km~2.0 km, 54 条公交线路中, 仅有一条公交线路平均站距 > 2 km (金州 820 路)该线路共八站, 起始点位于一方天鹅湖, 终点位于金州火车站, 因此金普新区现有公交线路站距安排基本合理。

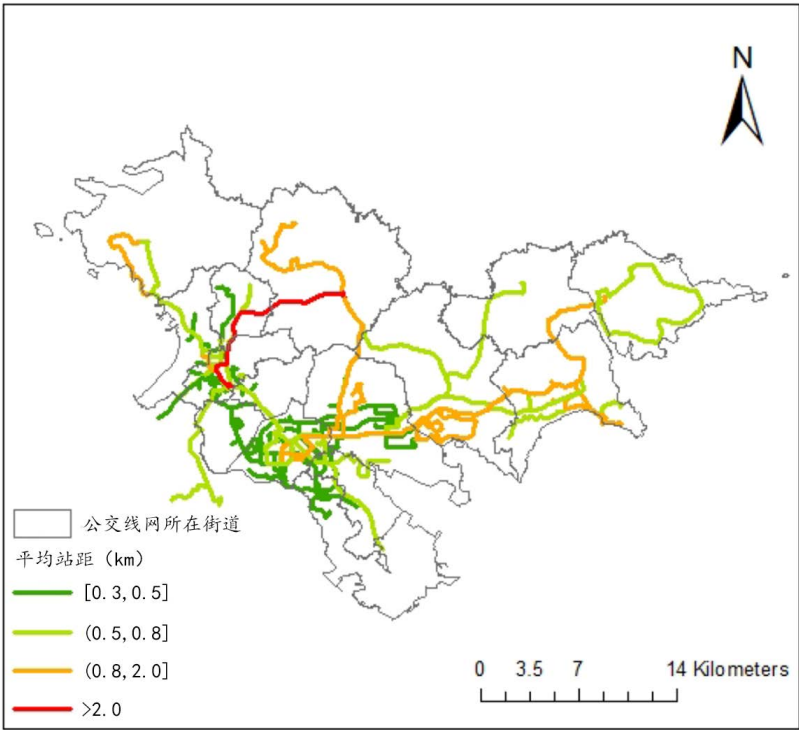


Figure 9. The average distance distribution between stops in the public transportation network
图 9. 公交线网平均站距分布

4.2.5. 非直线系数分析

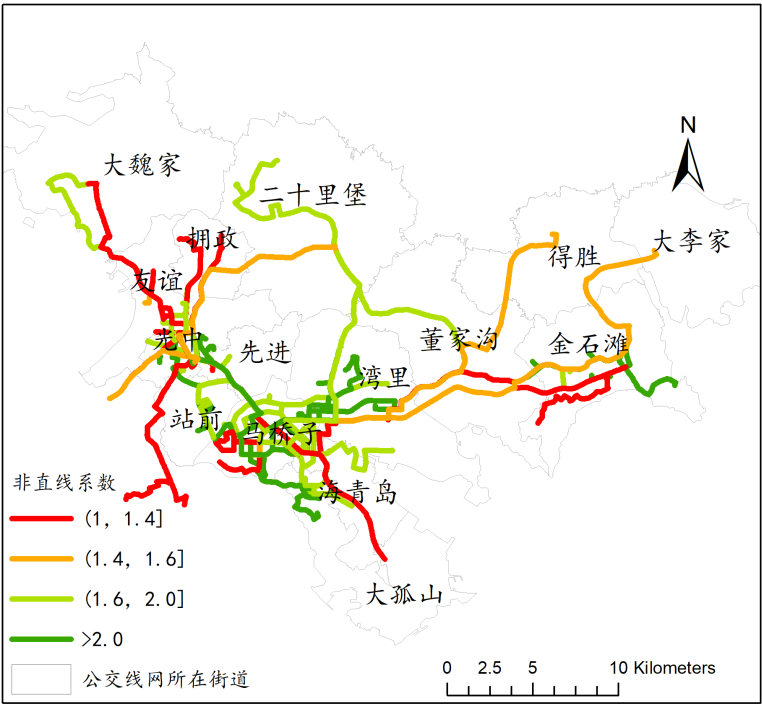


Figure 10. Non-linearity coefficient of bus routes
图 10. 公交线路非直线系数

如图 10 所示的 49 条公交线路非直线系数:

15 条公交线路(金州 113 路、金州 117 路、金州 505 路、金州 105 路、金州 115 路、金州 102 路、2005 路、开发区 9 路、金州 118 路、开发区 10 路、昌赫 802 路、开发区 3 路、金石 4 路、2006 路、昌赫 803 路)的非直线系数不大于 1.4, 符合公交快线、干线和支线的非直线系数标准[24]。

6 条公交线路(昌赫 806 路、金州 201 路、金州 820 路、昌赫 807 路、开发区 5 路、金州 104 路)的非直线系数在区间(1.4, 1.6]中, 符合公交线路干线和支线的非直线系数标准[24]。

17 条公交线路(金州 109 路、金州 821 路、开发区 16 路、开发区 1 路、金州 106 路、金州 503 路、昌赫 805 路、金州 101 路、金州 103 路、金州 116 路、开发区 4 路、昌赫 801 路、二十里 - 大连大学、开发区 12 路、保税区管委会 - 东风日产、开发区 11 路、金石滩 2 路 B 线)的非直线系数在区间(1.6, 2.0]中, 符合公交线路支线的非直线系数标准[24]。

11 条公交线网(金州 107 路、金石 1 路、开发区 8 路、开发区 7 路、开发区 15 路、昌赫 811 路、开发区 5 路红星海、金州 108 路、金州 111 路、开发区 2 路、金石 3 路)的非直线系数大于 2.0, 不处于国家快线、干线、支线非直线系数范围内, 其主要分布于湾里街道、马桥子街道以及海青岛街道附近。

4.3. 讨论

本研究基于 GIS 空间分析技术, 从站点与线网两个维度对大连金普新区公交系统进行了系统评价, 揭示了其在空间分布、服务覆盖和线路效率方面存在的问题。在此基础上, 本文进一步从方法适用性、数据维度、成因机制和优化路径等方面展开深入讨论, 以增强研究的深度与建设性。

4.3.1. 评价方法的适用性与优化方向

本研究在“生活服务覆盖指数”构建中, 采用了统一赋分方式对教育、医疗、体育、商宅四类 POI 进行评价, 该方法虽便于操作与可视化, 但仍存在一定主观性。未来研究可引入层次分析法(AHP)或德尔菲专家打分法, 结合区域居民出行特征与公共服务需求, 对不同类别 POI 赋予差异化权重, 以更精准地反映生活服务覆盖的真实水平。例如, 医疗与教育设施在老龄化社区或新建居住区中的权重可能高于体育设施, 而商业设施在通勤枢纽周边的重要性更为突出。

此外, 本研究主要依据《公共汽电车线网评价指标》(JT/T 1457-2023)等国家标准进行评价, 这些标准多基于建成区高密度开发背景制定。金普新区作为国家级新区, 兼具城市建成区、产业集聚区与乡村过渡带等多重功能, 其空间结构与人口分布具有明显的非均质特征。因此, 在后续研究中, 有必要对国家标准中的部分指标(如线网密度、站点覆盖率)进行本地化修正, 引入“发展密度校正系数”或“功能分区差异化阈值”, 以更贴合新城区的实际发展需求。

4.3.2. 数据维度的拓展与动态分析潜力

本研究主要依赖静态空间数据, 虽能反映公交系统的空间布局特征, 但难以刻画其随时间变化的服务能力。为更真实地评估公交服务水平, 后续研究可引入公交运营时刻表数据, 构建基于发车频率与等待时间的“等时圈”模型, 从时间维度上识别服务盲区与高峰时段供需矛盾。若能进一步获取公交 IC 卡刷卡数据或手机信令数据, 则可开展客流 OD 分析、出行链还原与供需匹配度评估, 为线路优化、班次调整提供数据驱动决策支持。

4.3.3. 现状问题的成因与横向比较

金普新区公交系统空间不均衡的现状, 与其城市发展历程、土地利用结构和区域功能定位密切相关。作为由原金州新区与普湾经济区整合而成的国家级新区, 其南部毗邻大连主城区, 开发较早、人口密集, 公共服务设施集中; 而北部多为乡村与新兴产业园区, 人口稀疏、道路网络尚未完善, 导致公交资源自

然向南倾斜。此外,新区内部分区域(如金石滩旅游度假区)虽具有特定功能定位,但公交线路仍以通勤为主,未能充分匹配旅游客流季节性波动特征。

为更客观评估金普新区公交系统的发展水平,可引入横向比较视角。以上海浦东新区、天津滨海新区等发展更为成熟的同类国家级新区为参照,其公交系统在线网密度、站点覆盖水平等方面通常确立了更高的标准,均显著优于金普新区。这种差距不仅反映在基础设施投入上,也体现在公交与土地利用、产业布局的协同程度上。通过对比,可明确金普新区在“公交优先”战略落实、多模式交通整合等方面仍有较大提升空间。

4.3.4. 具体优化策略建议

基于前述分析,本文提出以下具体优化建议,以增强研究的实践指导价值:

优化高非直线系数线路:针对非直线系数大于 2.0 的 11 条线路(如金州 107 路、开发区 8 路等),建议结合路网结构,在地图上识别可供“拉直”的潜在路径。例如,金州 107 路在湾里街道段可考虑绕行路段截弯取直,利用现有城市干道缩短运营距离,提升运行效率。

新增线路填补服务盲区:针对金普新区北部 10 个无公交覆盖的街道,建议结合人口密度与 POI 分布,模拟设计 1~2 条南北向联络线路。例如,可设计一条连接二十里堡街道与金州老城区的支线,覆盖沿线新建住宅区与产业园区,初步估算可新增服务人口约 3 万人,提升区域公交可达性。

提升线网整体密度与覆盖率:在现状线网密度仅为 0.45 km/km^2 的背景下,建议在新区中部(如光中街道、先进街道)加密支线网络,加强与主干线路的接驳;同时,在道路新建或改造项目中同步规划公交专用道,提升线网覆盖率至 40%以上。

强化公交与土地利用协同:在未来土地出让与项目审批中,将公交站点覆盖率作为约束性指标纳入规划条件,特别是在新区北部和沿海旅游带,推动“公交 + 社区”“公交 + 景区”一体化开发模式。

通过上述优化,金普新区公交系统有望在服务公平性、运行效率与可持续发展方面实现显著提升,为同类新城区的公交网络规划提供参考。

5. 总结

据以上评价可知,金普新区公交站点及线网具有分布不均衡,呈现“南密北疏,城优乡弱”的空间格局。具体表现为:

(1) 公交站点存在分布不均现象,主要分布情况:大连市甘井子区接壤附近区域分布较为密集,由此向金普新区腹地呈递减趋势,且位于金普新区北部的部分街道(10 个)并无公交站点分布(线网同理)。总体站点覆盖率未达国家标准,以街道为评价单元,仅有个别街道达到半径 500 米区域范围内覆盖率达 90% 以上(马桥子街道,位于与大连市甘井子区接壤附近区域)。

(2) 在站点所分布街道中,生活服务覆盖不够均衡,街道间存在较大差异,评级为优秀的街道集中在金普新区南部与大连市甘井子区接壤及附近区域,总体评价呈自市区接壤地区由南向北、自城区向乡村由优向差的趋势。站点整体人口覆盖情况较差,以街道为评价单元,站点 1500 米半径人口覆盖率达 90% 的街道为 66.7% (10/15),综合而言,整体呈现老城区人口覆盖率优于新城区、邻近市区区域优于腹地区域的趋势。

(3) 由公交线路整体线网密度为 0.45 km/km^2 ,线网覆盖区域线网密度约为 1.29 km/km^2 ,以街道为评价单元仅有 4 个街道符合线网密度 2.5 km/km^2 标准且公交线网覆盖率为 28% 可知,金普新区公交线网长度不足。由金普新区公交线网重复系数为 1.55,符合重复系数介于 1.25~2.05 的国家标准可知,现有公交线网重复性分布合理。由金普新区非环线 49 公交线路中非直线系数 > 2 的公交线路有 11 条,基本位于马桥子街道、湾里街道金石滩街道及附近区域,且占比 22.45% 可知,以上区域部分公交线网非直线系数需进一步优化。

参考文献

- [1] 王凤武. 对优先发展城市公共交通战略的思考[J]. 城市交通, 2004(4): 3-6.
- [2] Khavarian-Garmsir, A.R., Sharifi, A. and Sadeghi, A. (2023) The 15-Minute City: Urban Planning and Design Efforts toward Creating Sustainable Neighborhoods. *Cities*, **132**, Article ID: 104101. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2022.104101>
- [3] 谢祺浩. “双碳”目标下的城市公共交通网络规划优化[J]. 中国储运, 2025(1): 130-131.
- [4] Dakouré, A., Bourdeau-Lepage, L. and Georges, J. (2023) The Paris Urban Plan Review: An Opportunity to Put the 15-Minute City Concept into the Perspective of the Parisians Desire for Nature. In: Allam, Z., et al., Eds., *Resilient and Sustainable Cities: Research, Policy and Practice*, Elsevier, 61-75. <https://doi.org/10.1016/b978-0-323-91718-6.00009-8>
- [5] 葛岩, 吴秋晴, 陈洋, 等. 上海: 超大城市 15 分钟社区生活圈规划实施评估与策略建议[J]. 北京规划建设, 2025(1): 54-62.
- [6] 凤振华, 王雪成, 张海颖, 周亚林. 低碳视角下绿色交通发展路径与政策研究[J]. 交通运输研究, 2019, 5(4): 37-45.
- [7] Hansen, W.G. (1959) How Accessibility Shapes Land Use. *Journal of the American Institute of Planners*, **25**, 73-76. <https://doi.org/10.1080/01944365908978307>
- [8] Dalvi, M.Q. and Martin, K.M. (1976) The Measurement of Accessibility: Some Preliminary Results. *Transportation*, **5**, 17-42. <https://doi.org/10.1007/bf00165245>
- [9] O’Sullivan, D., Morrison, A. and Shearer, J. (2000) Using Desktop GIS for the Investigation of Accessibility by Public Transport: An Isochrone Approach. *International Journal of Geographical Information Science*, **14**, 85-104. <https://doi.org/10.1080/136588100240976>
- [10] Mohammed, A., Shalaby, A. and Miller, E.J. (2014) Development of P-TRANE: GIS-Based Model of Bus Transit Network Evolution. *Journal of Urban Planning and Development*, **140**, Article ID: 04013004. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)up.1943-5444.0000166](https://doi.org/10.1061/(asce)up.1943-5444.0000166)
- [11] Venter, C., Jennings, G., Hidalgo, D. and Valderrama Pineda, A.F. (2017) The Equity Impacts of Bus Rapid Transit: A Review of the Evidence and Implications for Sustainable Transport. *International Journal of Sustainable Transportation*, **12**, 140-152. <https://doi.org/10.1080/15568318.2017.1340528>
- [12] (2013) CAS and EU to Strengthen Cooperation under FP7 and Horizon 2020. *Bulletin of the Chinese Academy of Sciences*, **27**, 104.
- [13] 范煜君, 郭瑜, 张丽. 日本老龄交通经验分析及对我国的启示[J]. 综合运输, 2024, 46(1): 187-192.
- [14] 韩传峰, 胡志伟. 城市公交路网性能评估的网络图方法[J]. 系统工程, 2003(3): 58-61.
- [15] 张树山, 赵淑芝, 金俊武, 等. 基于 GIS 的公交线网分形评价模型及应用方法研究[J]. 中国软科学, 2003(8): 127-129.
- [16] 阎利军, 左志, 杨忠振. 地理信息系统平台在公交线网规划中的应用[J]. 交通与计算机, 2006(2): 86-88.
- [17] 朱红旗. 基于 GIS 的城市公交线网数据模型研究[J]. 苏州科技学院学报(自然科学版), 2011, 28(2): 57-60.
- [18] 杜小玉, 刘玮轩, 李芳. 基于 GIS 与智能算法协同的公交线网布局优化路径[J]. 人民公交, 2025(4): 32-34.
- [19] 张琬昕, 杨超. 基于过剩生活出行的 15 分钟社区生活圈评价指标[J]. 同济大学学报(自然科学版), 2025, 53(2): 272-279.
- [20] Birkenfeld, C., Victoriano-Habit, R., Alousi-Jones, M., Soliz, A. and El-Geneidy, A. (2023) Who Is Living a Local Lifestyle? Towards a Better Understanding of the 15-Minute-City and 30-Minute-City Concepts from a Behavioural Perspective in Montréal, Canada. *Journal of Urban Mobility*, **3**, Article ID: 100048. <https://doi.org/10.1016/j.urbmob.2023.100048>
- [21] 全国城市客运标准化技术委员会(SAC/TC 529). 公共汽电车线网评价指标: JT/T 1457-2023 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2023.
- [22] 中华人民共和国建设部. 城市道路交通规划设计规范 GB 50220-95 [S]. 北京: 中国标准出版社, 1995.
- [23] 全国城市客运标准化技术委员会(SAC/TC 529). 城市公共汽电车客运服务规范: GB/T 22484-2016 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- [24] 全国城市客运标准化技术委员会(SAC/TC 529). 公共汽电车线网设置和调整规则: GB/T 37114-2018 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2018.