

蒙古国乌兰巴托桥架式轻轨建设项目简介

一、乌兰巴托城市发展与交通拥堵面临的问题

乌兰巴托的人口从1990年的59万增加到2020年的150万。乌兰巴托人口占蒙古总人口的比例也从1990年的27%上升到2020年的47%，而且未来人口向首都集中的趋势可能还会继续。在过去的20年里，蒙古的总人口平均只增长了1.7%，而乌兰巴托的人口增长了3.6%。

大多数移民到乌兰巴托的人生活在蒙古包地区，生活条件恶劣。这将需要大量的时间和资金来重新开发并为蒙古包地区的混乱扩张提供必要的基础设施。因此，为了限制蒙古包地区的扩张，减少提供和供应基础设施的相关费用，减少城市的环境负担，发展一个具有各种副中心的小城市和高效的公共交通系统对乌兰巴托的进一步可持续发展至关重要。此外，人口向乌兰巴托集中增加了其基础设施和环境的负担，加剧了城市生活条件，如清洁水供应、电力和供暖需求增加、废物、空气和土壤污染以及交通堵塞。

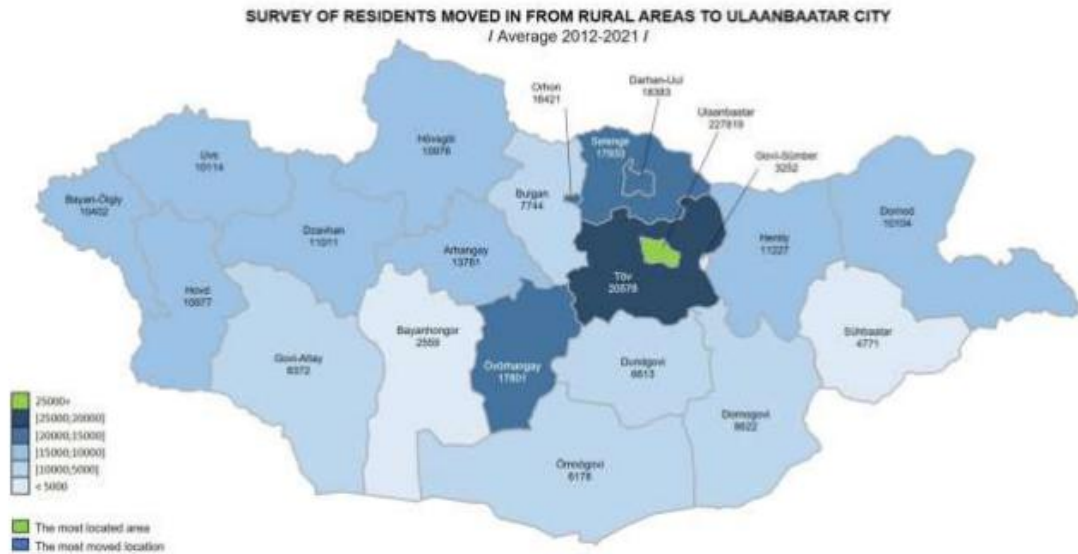


图 1. 从农村地区搬到乌兰巴托市的居民调查

乌兰巴托目前的道路网络是根据 1975 年的总体规划而规划的，当时总人口为 34.9 万，共有约 1 万辆汽车，汽车拥有率为 2.9%。然而，截至 2020 年，每 159.7 万人中有 60.4 万辆汽车，汽车拥有率为 37.9%，与 1975 年相比，人口增加了 4.6 倍，汽车数量增加了 60.2 倍，汽车拥有率增加了 13%。在过去的 45 年中，虽然沿太阳路的主要通道和和平大道以北的平行道路的建设已经完成，但与人口和车辆总数的膨胀式增长相比，仍然是不够的。

因此，由于首都的交通日益繁忙，拥堵现象日益严重。交通管制不足、交通文化落后和路边停车等问题，进一步加剧了城市的拥堵。私家车使用的增长导致了拥堵的加剧，特别是在和平大道和清溪大道的主要通道上，道路容量不足已经成为一个主要问题。正因为如此，预计 2020 年的交通成本将比 2010 年增加 10.1 倍，包括占总成本 2/3 的旅行时间

成本。

沿着和平大道的主要通道，每天有 70 万人和 20 万辆汽车使用的交通负荷。虽然由于城市的道路网络密度高，城市中心部分的拥堵情况相对较少，但进入市中心的入口区域的拥堵指数相当高，为 $VCR2.6-3.0$ 。对于沿清溪大道的南-北走廊，拥堵指数高达 $VCR5.0$ ，每天有 60 万人和 17 万辆车通过该大道。

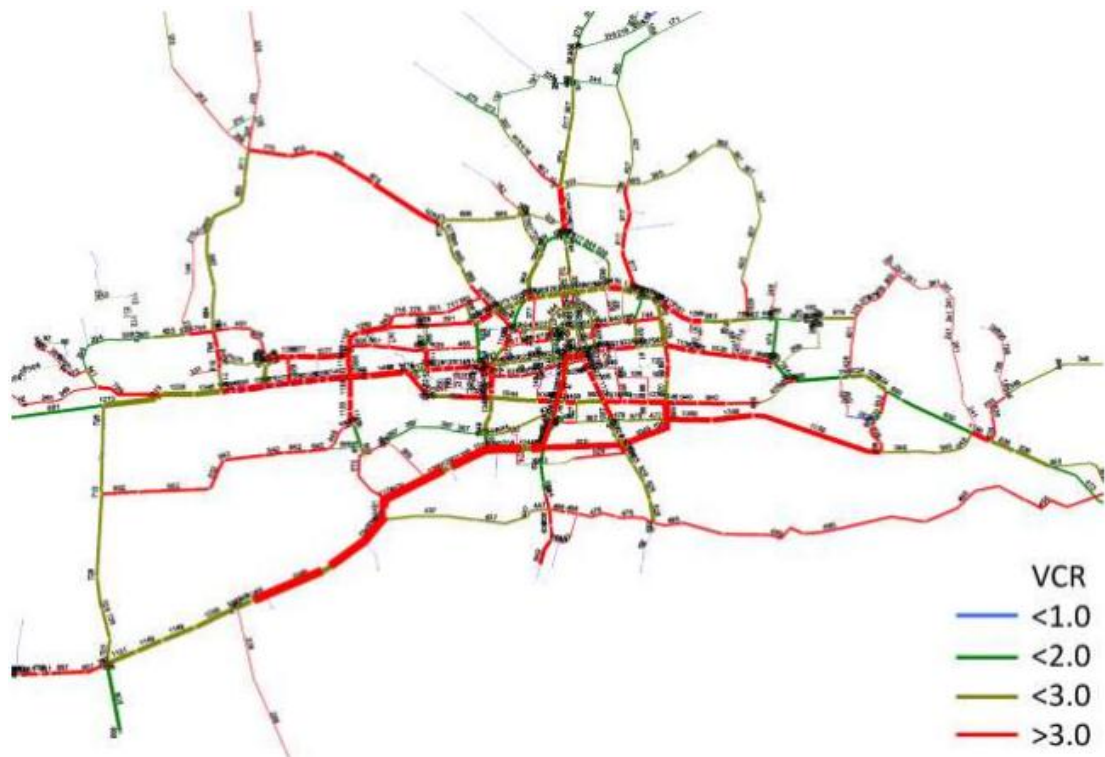


图 2. 2030 年交通拥堵情况可视化计划

因此，由于主要通道的道路容量不足，迫切需要扩大交通基础设施和服务，引入快速公共交通系统，并改善整体交通控制。

二、关于乌兰巴托大众快速交通的简介

（一）城市综合交通系统的发展

乌兰巴托的空间结构是一个由西向东延伸的梯形，从北到南都被山脉包围。和平大道是连接西-东走廊的唯一道路，因此大部分的城市交通都集中在这条道路上。刺激性测试结果显示，在每天穿梭于城市的 200 万通勤者中，有 70 万，即约 35% 经过和平大道。因此，这使得和平大道成为城市的主干道，成为乌兰巴托交通能力和公共服务网络的主要通道。

虽然太阳路负责减少和平大道的交通负担，但由于其位置条件，如与铁路轨道相邻，人口密度低，该地区对公共交通的需求不大。第二条备选道路阿德阿尤什大道，经过人口最密集的地区，如 Sharkhad、Ring-32、第三区和第四区，这些地区对公共交通的需求和需要很高。大道沿线的道路容量各不相同，网路连续性的缺乏给公共交通服务带来了问题。

从乌兰巴托南部到市中心的清吉士大道，网络密度低，没有替代道路来分配交通，在某些地方缩小到 4 车道。目前，它是该市最拥挤的道路之一。此外，雅玛格和尼塞克地区的住宅扩建近年来发展迅速，因此对连接这些地区和市中心的公共交通系统有很大的需求和需要。

连接乌兰巴托北部和市中心的青格尔泰大道，人口密集，以季节性强而闻名。在夏季，许多居民搬到避暑别墅居住，这不仅导致青格尔泰大道上的交通急剧飙升，而且还减缓了公共交通速度，增加了对公共交通的需求。由于该大道只有

4 条车道，因此容量小，不适合公共汽车运输服务。因此，对于这个道路方向来说，需要一个大众快速交通系统，这具有重大意义。上述的主要通道见图 3。

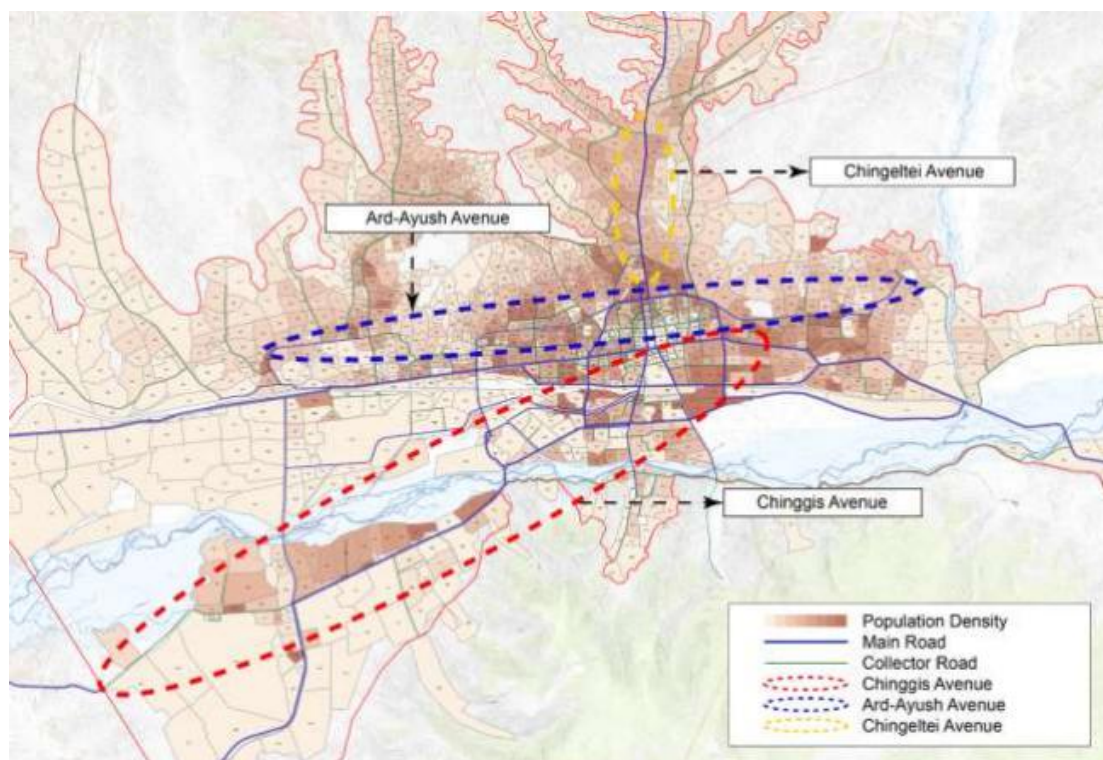


图 3. 乌兰巴托市高人口密度主要通道图

沿 Chinggis 大道、Ard Ayush 大道和 Chingeltei 大道实施快速公共交通，有各种道路交通和城市发展的优势。因此，大众快速交通计划分阶段实施，包括沿 Chinggis 大道的 1 号线，从 Moringiin Davaa 到 Sansar 共 21.2 公里；沿 Ard Ayush 大道的 2 号线，从 Sharkhad 到 Toilgoi 共 17.5 公里；沿 Chingeltei 大道的 2 号线，从儿童休闲公园到 Zunjin 共 11.2 公里。该网络如图 4 所示。规划中的网络连接了乌兰巴托新的第二中心——雅玛格，以及其他次中心，包括托尔盖特 Tolgoit、塞尔贝 Selbe 和沙尔哈德 Sharkhad，

并将达到以下效果。

- 保持和平大道过去的风格，更倾向于公交车、自行车和步行，少量私家车。
- 保持服务主线，减少对老建筑的负面影响。
- 减少关闭中央道路沿线路网的需要。
- 在未来，当 Bogdkhan 铁路（乌兰巴托新铁路货运线）投入使用后，现有的乌兰巴托铁路可以作为乌兰巴托客运铁路，并与计划的大众快速交通连接。目前的铁路位于市中心，与和平大道的距离为 0.7-1.2 公里。

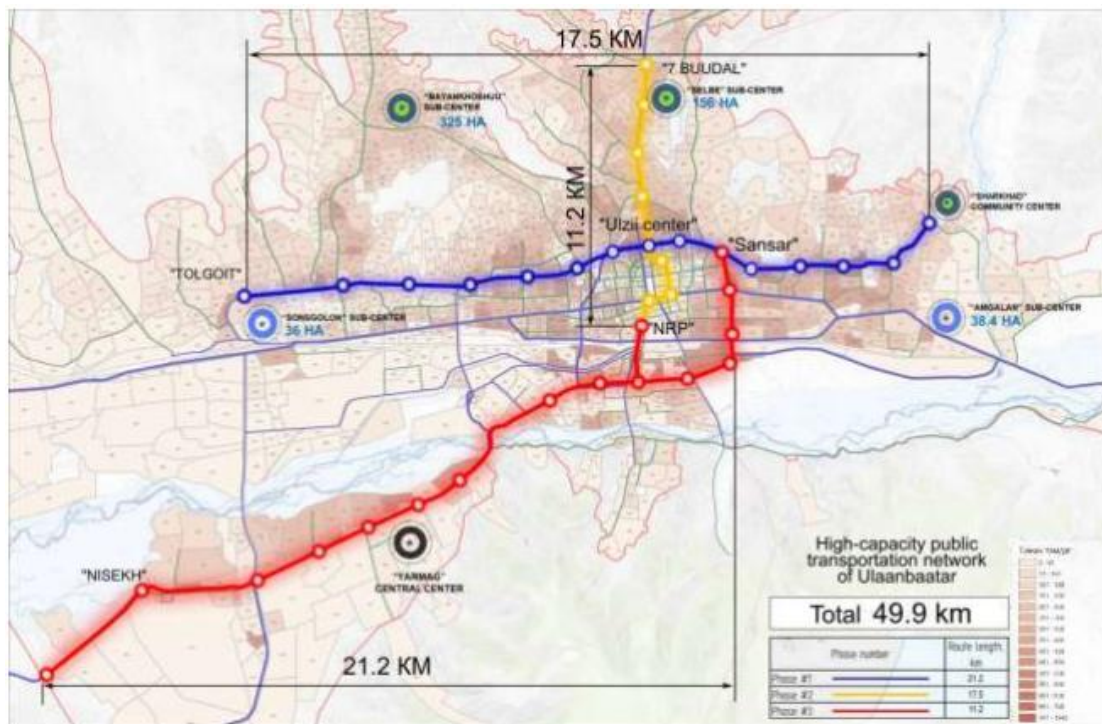


图 4. 乌兰巴托市大众快速交通网络图

(二) 城市综合规划

通过用大众快速交通连接各个城市副中心，将有可能打破城市目前过度集中的线性发展，变成一个有多个副中心的

紧凑城市模式。乌兰巴托 2040 年总体规划中已经体现了多副中心的紧凑型城市的概念。此外，它将提高目前建成区的竞争力，并加速副中心的发展。

(三) 适合的铁路系统

为了实施大众快速交通，LRT（轻轨交通）、单轨、单轨铁路、自动导轨客运系统(AGT)和公共汽车快速交通(BRT)已被视为备选方案。在考虑选择大众交通系统时，在评估各种类型的系统时要考虑以下标准：1. 满足高峰期需求的能力；2. 经济效益；3. 安全；4. 易于维护。此外，5. 未来的扩展能力（增加货车数量，根据需求缩短行驶时间），6. 对寒冷气候的适应性，7. 环境方面，如气体排放、噪音/振动、日光干扰也是非常重要的因素。表 1 比较了可以实施的各种类型的大众快速交通。





System	Steel wheel and steel rail system (ex. MRT)	Steel wheel and steel rail system (ex. LRT)	Monorail (ex. Straddle type)	Rubber tire guideway transit (AGT)
Exterior of Vehicle				
Electric wagon length	20.0m	16.0m	15.0m	9.0m
Electric wagon width	2.95m	2.4m	3.0m	2.5m
Electric wagon height	3.65m	3.4m	5.2m	3.5m
Traction system	Electric motor and steel wheel	Electric motor and steel wheel	Electric motor and rubber tire	Electric motor and rubber tire
Guidance system	Steel rail	Steel rail	Track beam	Concrete slab
Maximum speed	110 km/h	70 km/h	80 km/h	80 km/h
Minimum curve radius	200m (desirable) (120m absolute min.)	100m (desirable) (100m absolute min.)	30m	30m
Maximum Gradient	3.5% (6% for linear Metro)	3.5% (6% for linear Metro)	6%	6%
Capacity per hour/one direction	10,000 – 50,000 persons/hour	5,000 – 35,000 persons/hour	7,000 – 25,000 persons/hour	10,000 – 20,000 persons/hour

表 1. 大众快速交通指标比较

根据项目的特点、路线条件和运输能力，"electric light railway with steel wheels-钢轮电动轻轨"已被选为最合适的类型。这将是一种双向双轨的城市电动车，可以满足未来的需求增长。

(四) 基础设施的结构

有三种类型的轻轨结构：高架、地面和地下。根据下面列出的标准，对这三种方案进行了评估，地下结构在市中心，高架和地面结构将在城市的郊区。

- a) 社会经济影响。需要征地，土地使用；
- b) 交通管制。对道路交通的影响（避免减少公路车道，

与公路平交，对十字路口的影响)；

c) 环境影响。外观、噪音、振动、安全；

d) 建设工作的便利性：工程解决方案，建设成本；

根据对这些条件的评估，提出以下建议。

路线 1. 从 Moringiin Davaa 到 Sansar: 从 Moringiin Davaa 开始的前 10.6 公里为地面高度，后 10.6 公里设高架。

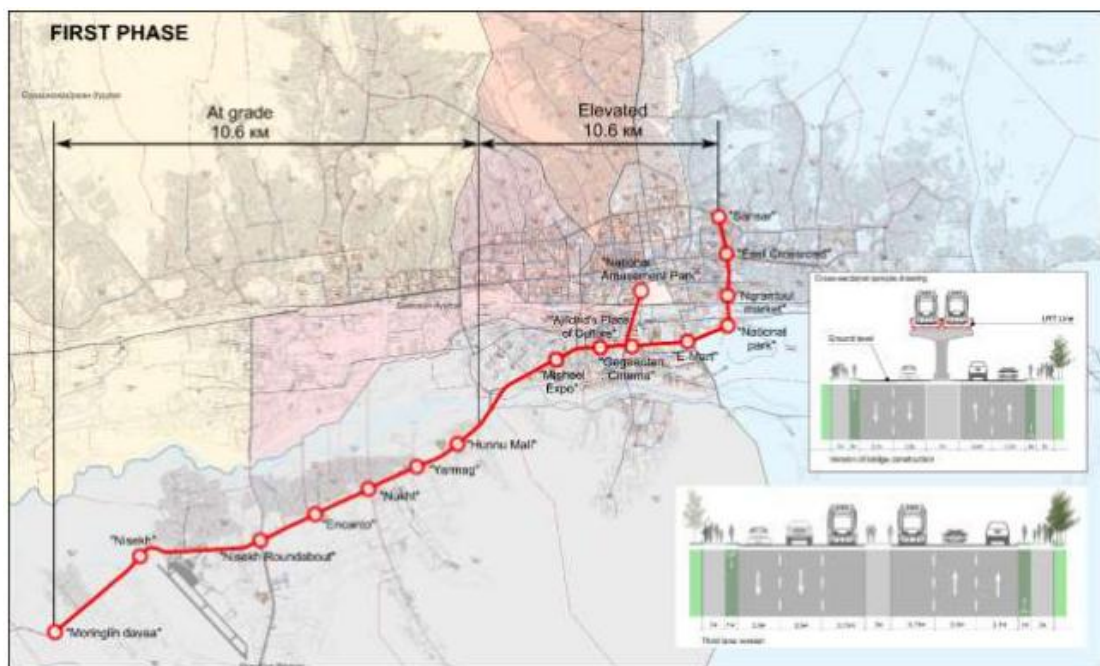


图 5. 路线 1 规划图

路线 2. 从 Sharkhad 到 Tolgoit: 总长 17.5 公里的线路设高架。

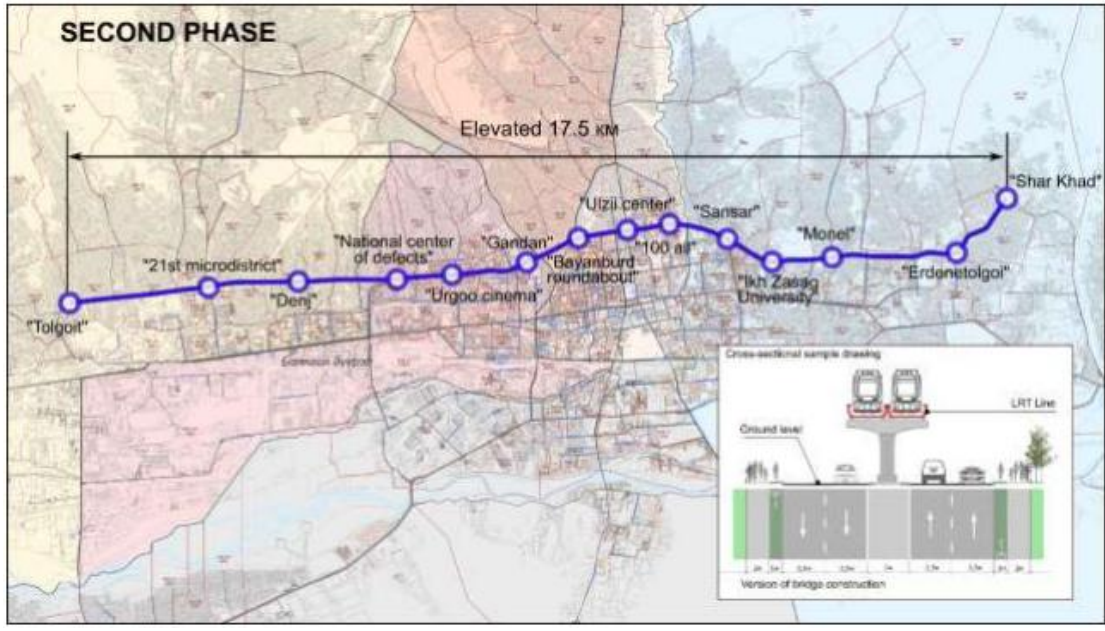


图 6. 路线 2 规划图

路线 3. 从 Children's Recreation Park 儿童娱乐公园到 Zunjin, 从儿童娱乐公园到 Zunjin 的 2.6 公里在地下, 从 Ard Ayush 到 Zunjin 的 8.6 公里将设高架通道。

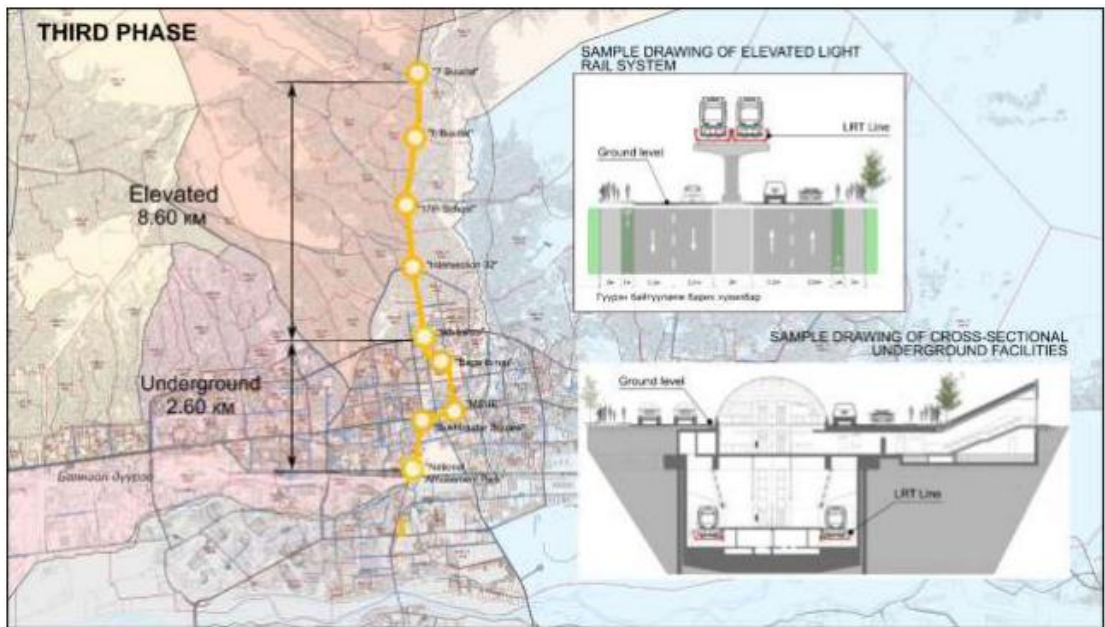


图 7. 路线 3 规划图

(五) 车站位置

车站位置的选择应考虑该地点是否有可能成为各种形式的城市交通的连接点，物质条件（隔离带、土壤性质、地下水等）及其交通便利性。对于从 Moringiin Davaa 莫林金达瓦到 Sansar 桑萨的 21.5 公里，已经规划了 15 个车站，从 Sharkhad 沙克哈德到 Tolgoit 托尔盖特的 17.5 公里，规划了 15 个车站，从儿童娱乐公园到尊金的 11.2 公里，规划了 9 个车站。根据空间条件和基础设施的不同，这些车站可能是地下的、地面的或高架的。

表 1 概述了乌兰巴托地铁的运输时间表。由于车站之间的距离较长，有一些尖锐的弯道，因此可以通过将最高速度设定在每小时 80-100 公里的速度来加快连接各点。为了节约成本和保证运营效率，确定每列火车的电动车皮数量应限制在 6 辆。根据这一假设，估计在高峰时段，从莫林金达瓦到桑萨的 21.2 公里的线路可以单向运输 10000 名乘客，从沙尔哈德到托尔盖特的 17.5 公里的线路可以运输 12000 名乘客，从儿童娱乐公园到尊金的 11.2 公里线路可以运输 10000 名乘客。交通计划的初步方案见表 2。

Title	Contents		
Line	Route 1	Route 2	Route 3
Line length from the final station (km)	21.2	17.5	11.2
Number of stations	15 (7 of them ground-level)	15 (elevated)	9 (3 of them underground)
Service hours	AM 6:00 ~ PM 11:00	AM 6:00 ~ PM 11:00	AM 6:00 ~ PM 11:00

Demand estimation			
Line	Moringiin Davaa - Sansar	Sharkhad - Tolgoit	Children's recreation park - Zunjin
Maximum capacity during peak hour in one direction	10,000	12,000	10,000
Number of wagons per train	6	6	6
Train capacity (180%)	1,428	1,428	1,428
Service frequency (peak hour)	10 min	8 min	10 min
Average speed (km/h)	39.2	39.2	39.2
Time spent (min)	32	27	17
Maximum speed (km/h)	80-100 km/h	80-100 km/h	80-100 km/h
Required number of trains	8	8	5
Number of spare trains needed for inspection	1	1	1
Number of spare trains needed for emergency service and maintenance	1	1	1
Total	10	10	7

表 2

(六) 预计项目成本

这是蒙古的第一个城市铁路项目，需要建造大规模的地下和高架结构。由于蒙古国的季节性条件，冬季施工活动受到限制，在选择运输类型时必须考虑到寒冷的气候。

项目成本估算是根据冬季供应条件和施工条件估算的。此外，还对以往地铁项目可行性研究中反映的项目成本进行了比较。

考虑到所有三条线路的项目总成本，160-180 节车厢及其相关系统的总成本为 4-6 亿美元，49.9 公里的高架、地下和平地线路总成本为 19-24 亿美元。项目总成本见表 3。

项目	总长度	总成本
项目成本	49.9 公里	25-30 亿美元

考虑到每条线路的具体因素，1号线的初步成本估算为7-9亿美元。成本因机车车辆的选择和施工合同类型而异。例如，EPC合同或一揽子合同的成本通常高于许多国际合同的成本。表4显示了成本比较。

项目	金额（百万美元）	
	EPC	国际
项目总成本	936.5	741.7
1公里工程造价	46.5	36.1
每公里项目成本	57.5	45.5

三、车站区发展

大众快速交通项目是一个交通网络，将许多办公、贸易和服务业密集分布的中心区域与城市郊区连接起来。此外，通过公共汽车等公共交通工具将每个车站与蒙古包地区连接起来，将提高蒙古包地区的交通便利性。以下城市发展应以公交导向的发展趋势为理念实施。

- 开发连接各种交通方式的区域，公共汽车等交通系统将连接到市郊。

- 改善土地利用，在车站所在区域及各交通线路所在区域附近建设多层高密度建筑

- 限制建筑区扩张和地铁沿线老旧公寓改造将增加蒙古包区向居民区的流动（住房政策促进）

这些城市发展活动的实施和快速公共交通的引入将有利于乌兰巴托多方面，包括公民的生活条件、区域经济、安全、环境和社会福祉。具体好处包括：

为市民提供便利：

- 缩短的行程时间将为市民节省时间和成本（45 分钟的巴士行程时间将由轻轨缩短至 15 分钟）

- 减少城市地区的交通拥堵（交通量减少 16%，出行速度提高 25%）

- 前往市中心的便利性将对市民生活产生积极影响，并促进市中心的贸易和服务活动（创造就业机会和增加购买力）

- 通过减少交通事故提高安全性并降低社会成本

- 增加投资；增加车站所在地区的盈利地点

- 增加就业：到 2030 年，车站 800 米范围内共创造 18 万就业机会。

- 税收收入增加：随着经济活动的活跃，所得税、房地产税和其他与重建相关的新税收等税收收入将增加税收收入。

- 该项目将是蒙古国第一条城市铁路，电气化铁路将和

隧道建设、光通信系统、电气设施和城市铁路运营等新技术江北引入。

对环境的影响:

- 主要道路汽车二氧化碳排放量减少（每年减少 54,000 吨）
- 运输沿线主要道路汽车排放的氮氧化物减少（每年减少 2,754 吨）

四、项目实施结构

（一）项目实施大纲

在首都乌兰巴托引入大众快速交通的项目可以以公私合作（PPP）项目或与国有企业结合的形式实施。蒙古铁路运输法通过将顶部和底部基础设施分开，国家拥有底部结构来定义铁路。对此，特许公司可以根据特许协议长期租赁底部基础设施，特许公司可以自费采购电动汽车及相关设备并运营地铁系统。

（二）融资方案

在项目将作为国有实体实施的假设下，将在这些地区制定资助计划。乌兰巴托大众快速交通项目是政府实施的公共交通服务项目，资金来源将由蒙古国政府确定。初始投资为 25-30 亿美元，其中基础结构或基础设施部分，如《铁路运输法》规定的，为 19-24 亿美元，电动机车车辆和相关系统

将需要约 4-6 亿美元。

(三) 铁路运营和维护结构

在选择最合适的结构时，必须考虑到铁路运营、维护、铁路运输法中是如何规定、特许协议类型以及私营部门在运营方面的知识和经验。最适合与具有工程、技术和运营经验的外国公司作为战略合作伙伴，共同进行运维合作。战略合作伙伴在一定时期（7-8 年）后，当蒙古国具备足够的能力和结构独立管理运营和维护时，可以采用将业务转移到蒙古等方式。

从委托时所需的人力资源来看，应从最早的时间点开始对驾驶员进行培训。当大众快速交通投入使用并准备好运营时，至少需要 50 名司机。之后，考虑到长期就业，应培训约 70 名司机。在建设完成之前无法提供培训，因此需要培训许多驾驶教练并在蒙古建立一个培训电动火车司机的结构。因为蒙古没有内部培训设施，他们需要在国外接受培训。与其他部门员工相比，司机的培训时间可能较短，但需要提前招聘，在试运行前一年开始培训。

五、财务和经济评估

经济评估是从政府的角度对拟建项目的投资价值进行分析，并确定经济内部收益率 (EIRR) 的水平。在这项研究中，通过比较项目投产后 30 年的项目生命周期内的经济成本和

收益，计算了 EIRR，并评估了投资的经济回报。

一般来说，公共交通项目的回报取决于消费者车辆运营成本（VOC）和出行时间成本（TTC）的节省。在以下直接回报的基础上，根据基于交通需求的有无比较，进行对比计算。

根据需求预测和被认为最合适的票价（前 2 公里 500MNT，超过 2 公里每公里 50MNT），EIRR 为 17%，显示出良好的经济回报。在这种情况下，平均票价为 800MNT。