文章编号：2097-5899(2026)01-0044-08　　**中图分类号**：U29　　**文献标识码**：A
DOI：10.16669/j.cnki.issn.2097-5899.20241126004
引用格式：崔愿，陈璟，孙相军. 基于效率和公平的区域协调发展战略下综合交通网评价指标和方法研究[J]. 铁路物流，2026，44(1)：44-51.
CUI Yuan，CHEN Jing，SUN Xiangjun. Evaluation Indicators and Methods of Integrated Transportation Network under Regional Coordinated Development Strategy Based on Efficiency and Fairness[J]. Railway Logistics，2026，44(1)：44-51.

基于效率和公平的区域协调发展战略下综合交通网评价指标和方法研究

崔　愿[1,2]，陈　璟[1,2]，孙相军[1]

(1. 交通运输部规划研究院 综合运输研究所，北京　100028；2. 交通运输部规划研究院 综合交通规划数字化实验室，北京　100028)

摘　要：统筹效率和公平是客观全面评价区域协调发展战略下综合交通网发展成效的基础和必然要求。使用交通基础设施规模代表效率，使用四大板块间交通基础设施综合密度差代表公平，建立涵盖铁路、公路、机场等多种交通方式，综合考虑效率和公平的区域协调发展战略下综合交通网评价指标。利用去单位的方法对效率、公平下不同交通方式基础设施指标进行叠加，使用基于距离的方法对交通运输效率得分和公平得分进行标准化，采用权重系数代表不同评价者对效率和公平的偏好。以我国2000年以来区域协调发展战略下综合交通网发展为例，验证模型方法有效性和实用性。结果表明：该模型可用于评价我国区域协调发展战略下综合交通网发展成效，权重系数影响评价者对区域交通网发展成效的评价，在评价者对效率和公平的偏好均匀分布下，2023年的交通运输有54.5%的概率成为最优方案，2005年交通运输有45.5%的概率成为最优方案。

关键词：区域发展战略；效率；公平；评价指标；权重系数

0　引言

实施区域协调发展战略是我国推进统筹区域差异化发展的重要手段之一。我国幅员辽阔、人口众多，各地区自然资源禀赋差别之大在世界上是少有的，统筹区域发展从来都是一个重大问题[1]。同时，不平衡是普遍的，要在发展中促进相对平衡[1]。中国式现代化既要创造比资本主义更高的效率，又要更有效地维护社会公平，更好实现效率与公平相兼顾、相促进、相统一[2]。以上关于“效率”和“公平”的系列重要论述，给处理好区域协调发展战略中“效率”和“公平”间的关系指明了方向。统筹好扩大总量、增强效益和优化分配、提升公平的关系，是区域协调发展必须关注、做好的两大方面。

交通运输是贯彻落实区域发展战略的重要载体，也是支撑区域战略实施的先行领域。历史上，我国在不同发展阶段实施了不同的区域发展战略，不同区域发展战略对区域交通发展的效率和公平产生显著影响。例如，从中华人民共和国成立初期至改革开放前期的均衡发展阶段，区域交通运输发展更多侧重公平性；从改革开放至20世纪末的非均衡发展阶段，区域交通运输发展更多强调效率；进入21世纪的协调发展以来，交通运输发展开始兼顾效率和公平，并着手持续调整两者之间的关系，特别是党的十八大以来，区域协调发展战略进入新阶段，交通运输进一步优化了发展过程中效率和公平的协调程度。如何处理好交通运输发

收稿日期：2024-11-26　**修订日期**：2025-12-18
通信作者：陈璟(1975—)，女，新疆玛纳斯人，交通运输部规划研究院综合运输研究所正高级工程师。
基金项目：国家社会科学基金重大项目(20ZDA086)；交通运输部规划研究院科研项目(022414-060，092314-002)

展的效率和公平、科学评价区域协调发展战略下综合交通网发展成效，是制定当前和未来一段时间综合交通网建设发展策略和政策的首要问题。

对区域协调发展战略下的交通运输发展进行研究是我国交通运输领域研究的重要内容，对此进行研究的专家学者较多，形成的研究成果数量也较为丰富，主要分为2类。第1类成果聚焦时间线，对我国不同区域发展战略下的交通运输发展阶段划分进行了研究，并结合四大板块(东、中、西、东北地区)交通运输的不同发展水平，提出发展策略[3-5]。第2类成果研究交通运输对区域协调发展战略或者区域经济发展的支撑服务作用[6-8]。上述成果对交通运输贯彻区域战略要求、推动区域交通运输建设和发展起到了积极作用，但以上成果多聚焦单一交通方式、选择从效率或者公平的一个方面进行研究，考虑多种交通方式、统筹效率和公平的成果尚不多见。且交通运输发展效率和公平极大程度上受区域发展战略的影响，不同区域发展战略、不同评价者对交通运输发展效率和公平的侧重存在显著差别，既有成果对交通运输在不同区域发展战略下、相同区域发展战略中不同年份里效率和公平特征变化的研究，还不够充分。

因此，研究构建涉及多种交通方式、兼顾效率和公平的综合交通网发展评价指标，考虑四大板块的地区差异和不同评价者对效率和公平的偏好差异，形成评价方法，用以客观评价区域协调发展战略下综合交通网发展成效，为评价综合交通网对区域协调发展战略的支撑效果、交通运输更好贯彻落实区域协调发展战略、交通运输更好支撑服务区域协调发展战略提供参考。

1　模型构建

1.1　评价指标

聚焦“效率”和“公平”2个方面，兼顾指标的可量化性、可获取性和可代表性，构建评价指标[9-10]。其中，“效率”指标主要聚焦可用于给四大板块分配的交通基础设施总规模。“公平”指标主要聚焦交通基础设施在四大板块的分配，提高交通运输资源的使用利用效率。由于水运受自然条件影响较大，因此暂不考虑内河航道和港口。基于此，构建涵盖铁路、高速公路、民航等3种方式，能够反映我国四大板块在地理位置、面积、人口等方面的地域差异特征的评价指标。综合交通网评价指标如表1所示。

1.2　评价方法

考虑效率方面的目标旨在获取四大板块最大的综合交通网总规模，即全国交通网规模，值越大，代表效率越高；值越小，代表效率越低。公平方面的目标旨在获取四大板块间最小的交通网综合密度差，值越小，代表公平性越好；值越大，代表公平性越差。兼顾效率和公平，构建评价方法如下。

$$Z_t=\omega_{1,t}\times\overline{\alpha_{1,t}}-\omega_{2,t}\times\overline{\alpha_{2,t}} \tag{1}$$

式中：Z_t为第t年综合交通网发展得分，得分越高，该年份综合交通网发展成效越好；t为时间序列；$t_{\min}$为开始时间；$t_{\max}$为截至时间；$\omega_{1,t}$为第t年效率的权重，$\omega_{2,t}$为第t年公平的权重，权重值越大，代表评价者对该指标越重视；$\alpha_{1,t}$为综合交通网在效率方面评价的原始值，$\alpha_{2,t}$为综合交通网在公平方面评价的原始值，等于铁路、高速公路、民航等不同交通方式第i个方面指标的标准值之和；$\overline{\alpha_{1,t}}$，$\overline{\alpha_{2,t}}$分别为$\alpha_{1,t}$，$\alpha_{2,t}$的标准值。

$$\sum_{i=1}^{2}\omega_{i,t}=1 \tag{2}$$

$$0\leqslant\omega_{i,t}\leqslant1 \tag{3}$$

式中：i为效率或公平的序号，$i=1$代表效率，$i=2$代表公平。

由于部分年份的$\alpha_{1,t}$和$\alpha_{2,t}$在量级上差距较大，直接叠加一定程度上会掩盖综合交通网发展的效果评价，使用基于距离的方法对$\alpha_{i,t}$进行标准化。$\overline{\alpha_{i,t}}$计算公式如下。

$$\overline{\alpha_{i,t}}=\frac{\alpha_{i,t}-\alpha_{i,\min}}{\alpha_{i,\max}-\alpha_{i,\min}} \tag{4}$$

式中：$\alpha_{i,t}$为综合交通网在第i个方面评价得分的原始值；$\alpha_{i,\min}$为综合交通网在第$t_{\min}$年至$t_{\max}$年间在第i个方面评价得分原始值的最小值；$\alpha_{i,\max}$为综合交通网在第

表1　综合交通网评价指标

Tab.1　Comprehensive transportation network evaluation indicators

维度	交通方式		
	铁路	高速公路	民航
效率	四大板块铁路网总规模	四大板块高速公路总规模	四大板块民用机场总规模
公平	四大板块铁路网综合密度差	四大板块高速公路网综合密度差	四大板块民用机场综合密度差

$t_{\min}$年至$t_{\max}$年间在第i个指标评价得分原始值的最大值。

$$\alpha_{i,t}=\sum_{j=1}^{3}\overline{f_{i,j,t}} \tag{5}$$

式中：j为交通方式序号，$j=1$代表铁路的指标，$j=2$代表高速公路的指标，$j=3$代表民航机场的指标；$\overline{f_{i,j,t}}$为第t年、第i个方面、第j种交通方式指标值的标准值；$f_{i,j,t}$为第t年、第i个方面、第j种交通方式指标值的原始值；$f_{1,j,t}$为第t年、效率方面、第j种交通方式基础设施规模的原始值；$f_{2,j,t}$为第t年、公平方面、第j种交通方式综合密度差值最大值的原始值。

$f_{1,j,t}$可直接获取，$f_{2,j,t}$计算公式如下。

$$f_{2,j,t}=\min\left(\max\frac{a_{j,g,t}}{\sqrt{p_{g,t}\times e_g}}-\min\frac{a_{j,k,t}}{\sqrt{p_{k,t}\times e_k}}\right) \tag{6}$$

式中：g，k为四大板块的区域代号，取值范围为{1，2，3，4}，$g\neq k$，其中，$g=1$或$k=1$代表东部，$g=2$或$k=2$代表中部，$g=3$或$k=3$代表西部，$g=4$或$k=4$代表东北；$a_{j,g,t}$为第j种交通方式、区域g、第t年的交通基础设施规模；$a_{j,k,t}$为第j种交通方式、区域k、第t年的交通基础设施规模；$p_{g,t}$为区域g、第t年的人口；$p_{k,t}$为区域k、第t年的人口；e_g为区域g的面积；e_k为区域k的面积。

$\overline{f_{i,j,t}}$为第t年、第i个方面、第j种交通方式指标值的标准值，由于同一i不同j的$f_{i,j,t}$单位不同，无法直接叠加比较，因此需要对原始值进行去单位化。$\overline{f_{i,j,t}}$计算公式如下。

$$\overline{f_{i,j,t}}=\frac{f_{i,j,t}-f_{i,j,\min}}{f_{i,j,\max}-f_{i,j,\min}} \tag{7}$$

式中：$f_{i,j,\min}$为第$t_{\min}$年至$t_{\max}$年间在第i个方面、第j种交通方式的评价指标原始值最小值；$f_{i,j,\max}$为第$t_{\min}$年至$t_{\max}$年间在第i个方面、第j种交通方式的评价指标原始值最大值。

2　案例分析

2.1　数据收集

以我国2000年以来区域协调发展战略下综合交通网发展情况为例，验证方法有效性和实用性。东、中、西、东北地区的面积分别为93万km^2、102.8万km^2、687万km^2、80.9万km^2。2000—2023年我国铁路、高速公路、民用运输机场规模情况(原始值)如表2所示，四大板块2000—2023年铁路、高速公路、民用运输机场综合密度情况(原始值)如表3所示，四大板块2000—2023年铁路、高速公路、民用运输机场综合密度最大值与最小值差值情况(原始值)如表4所示。

2.2　指标计算

根据表1中的效率指标，结合表2，获取2000—2023

表2　2000—2023年我国铁路、高速公路、民用运输机场规模情况(原始值)

Tab.2　Scale of railways, highways, and civil transport airports in China from 2000 to 2023 (original values)

年份	交通基础设施规模			年份	交通基础设施规模		
	铁路/万km	高速公路/万km	民用运输机场/个		铁路/万km	高速公路/万km	民用运输机场/个
2000	6.87	1.63	139	2012	9.76	9.62	183
2001	7.01	1.94	143	2013	10.31	10.44	193
2002	7.19	2.51	141	2014	11.18	11.19	202
2003	7.30	2.97	148	2015	12.10	12.35	210
2004	7.44	3.43	137	2016	12.40	13.10	218
2005	7.54	4.10	142	2017	12.70	13.64	229
2006	7.71	4.53	146	2018	13.17	14.26	235
2007	7.80	5.39	152	2019	13.99	14.96	238
2008	7.97	6.03	160	2020	14.63	16.10	241
2009	8.55	6.51	166	2021	15.07	16.91	248
2010	9.12	7.41	179	2022	15.49	17.73	254
2011	9.32	8.49	180	2023	15.90	18.40	259

注：铁路、高速公路数据源自国家统计局；民用运输机场数据源自历年《从统计看民航》。

表3　四大板块2000—2023年铁路、高速公路、民用运输机场综合密度情况(原始值)

Tab.3　Comprehensive density of railways, highways, and civil transport airports in four major regions from 2000 to 2023 (original values)

年份	铁路综合密度/(km/(万人·万km^2)$^{\frac{1}{2}}$)				高速公路综合密度/(km/(万人·万km^2)$^{\frac{1}{2}}$)				民用运输机场综合密度/(百个/(万人·万km^2)$^{\frac{1}{2}}$)			
	东部	中部	西部	东北	东部	中部	西部	东北	东部	中部	西部	东北
2000	5.55	1.50	4.45	13.02	3.93	1.50	0.73	1.94	1.139	1.139	1.152	1.399
2001	7.44	2.12	5.21	13.87	4.46	2.12	0.87	2.04	1.033	1.033	1.213	1.505
2002	7.80	3.00	5.39	13.85	5.31	3.00	1.15	2.68	1.137	1.137	1.170	1.396
2003	7.95	3.62	5.37	14.27	6.26	3.62	1.39	2.68	1.137	1.137	1.287	1.503
2004	8.20	4.33	5.44	14.37	6.85	4.33	1.75	3.00	1.083	1.083	1.266	1.394
2005	8.15	5.42	5.56	14.47	8.01	5.42	2.11	3.54	1.187	1.187	1.309	1.393
2006	8.14	6.10	5.87	14.43	8.76	6.10	2.35	3.53	1.137	1.137	1.407	1.390
2007	8.17	7.71	5.92	14.51	9.73	7.71	2.99	3.74	1.190	1.190	1.486	1.387
2008	8.44	8.45	5.91	14.71	10.70	8.45	3.31	4.90	1.193	1.193	1.563	1.706
2009	8.99	9.14	6.56	14.80	11.18	9.14	3.70	5.32	1.194	1.194	1.620	1.916
2010	9.35	10.45	7.19	14.98	12.30	10.45	4.28	6.80	1.300	1.300	1.788	2.018
2011	9.95	11.66	7.28	15.13	12.78	11.66	5.06	9.91	1.301	1.301	1.801	2.025
2012	10.24	13.66	7.46	16.48	13.86	13.66	5.79	11.02	1.303	1.303	1.815	2.140
2013	11.21	14.67	7.86	16.66	14.40	14.67	6.73	11.18	1.409	1.409	1.950	2.150
2014	11.90	15.58	8.65	16.84	14.99	15.58	7.58	11.44	1.568	1.568	2.023	2.375
2015	12.78	17.02	9.45	18.57	15.81	17.02	8.70	12.05	1.624	1.624	2.096	2.498
2016	12.94	18.06	9.89	18.46	16.52	18.06	9.35	12.78	1.680	1.680	2.166	2.513
2017	13.05	18.44	10.20	18.79	16.89	18.44	9.99	12.97	1.786	1.786	2.237	2.967
2018	13.88	18.92	10.35	20.35	17.93	18.92	10.49	13.38	1.892	1.892	2.310	2.986
2019	14.49	19.45	10.86	20.37	18.70	19.45	11.13	13.80	1.872	1.872	2.363	3.005
2020	15.28	19.88	11.54	20.64	20.08	19.88	12.42	14.69	1.878	1.878	2.417	3.028
2021	15.91	20.34	11.82	21.53	20.62	20.34	13.57	14.77	2.092	2.092	2.437	3.043
2022	16.35	21.49	12.28	21.62	21.28	21.49	14.44	15.17	2.149	2.149	2.534	3.057
2023	17.17	22.29	12.49	21.80	21.70	22.29	15.03	16.01	2.314	2.314	2.576	3.066

年全国铁路、高速公路、民用运输机场等规模的最大值和最小值。根据表4所示，可得四大板块间铁路网、高速公路网、民用机场综合密度最大值和最小值的差值。各参数值如下所示。

$f_{1,1,\max}=15.9$，$f_{1,1,\min}=6.87$；$f_{1,2,\max}=18.4$，$f_{1,2,\min}=1.63$；$f_{1,3,\max}=259$，$f_{1,3,\min}=137$；$f_{2,1,\max}=11.75$，$f_{2,1,\min}=7.78$；$f_{2,2,\max}=8.71$，$f_{2,2,\min}=3.20$；$f_{2,3,\max}=1.18$，$f_{2,3,\min}=0.21$。

根据式(7)，利用各指标原始值的最大值和最小值的差值，获得表2和表4的去单位化公式，如下所示。

$$\overline{f_{1,1,t}}=\frac{f_{1,1,t}-6.87}{15.9-6.87} \tag{8}$$

$$\overline{f_{1,2,t}}=\frac{f_{1,2,t}-1.63}{18.4-1.63} \tag{9}$$

$$\overline{f_{1,3,t}}=\frac{f_{1,3,t}-137}{259-137} \tag{10}$$

$$\overline{f_{2,1,t}}=\frac{f_{2,1,t}-7.78}{11.75-7.78} \tag{11}$$

$$\overline{f_{2,2,t}}=\frac{f_{2,2,t}-3.20}{8.71-3.20} \tag{12}$$

$$\overline{f_{2,3,t}}=\frac{f_{2,3,t}-0.21}{1.18-0.21} \tag{13}$$

表4　四大板块2000—2023年铁路、高速公路、民用运输机场综合密度最大值与最小值差值情况(原始值)

Tab.4　Differences between maximum and minimum values of comprehensive density of railways, highways, and civil transport airports in four major sectors from 2000 to 2023 (original values)

年份	铁路网综合密度差/(km/(万人·万km^2)$^{\frac{1}{2}}$)			高速公路网综合密度差/(km/(万人·万km^2)$^{\frac{1}{2}}$)			民用机场综合密度差/(百个/(万人·万km^2)$^{\frac{1}{2}}$)		
	最大值	最小值	差值	最大值	最小值	差值	最大值	最小值	差值
2000	13.02	1.50	11.52	3.93	0.73	3.20	1.399	1.139	0.26
2001	13.87	2.12	11.75	4.46	0.87	3.59	1.505	1.033	0.47
2002	13.85	3.00	10.86	5.31	1.15	4.16	1.396	1.137	0.26
2003	14.27	3.62	10.66	6.26	1.39	4.87	1.503	1.137	0.37
2004	14.37	4.33	10.04	6.85	1.75	5.10	1.394	1.083	0.31
2005	14.47	5.42	9.05	8.01	2.11	5.90	1.393	1.187	0.21
2006	14.43	5.87	8.56	8.76	2.35	6.41	1.407	1.137	0.27
2007	14.51	5.92	8.59	9.73	2.99	6.74	1.486	1.190	0.30
2008	14.71	5.91	8.80	10.70	3.31	7.39	1.706	1.193	0.51
2009	14.80	6.56	8.24	11.18	3.70	7.48	1.916	1.194	0.72
2010	14.98	7.19	7.78	12.30	4.28	8.02	2.018	1.300	0.72
2011	15.13	7.28	7.85	12.78	5.06	7.71	2.025	1.301	0.72
2012	16.48	7.46	9.02	13.86	5.79	8.07	2.140	1.303	0.84
2013	16.66	7.86	8.80	14.67	6.73	7.94	2.150	1.409	0.74
2014	16.84	8.65	8.19	15.58	7.58	8.00	2.375	1.568	0.81
2015	18.57	9.45	9.12	17.02	8.70	8.32	2.498	1.624	0.87
2016	18.46	9.89	8.57	18.06	9.35	8.71	2.513	1.680	0.83
2017	18.79	10.20	8.59	18.44	9.99	8.45	2.967	1.786	1.18
2018	20.35	10.35	10.00	18.92	10.49	8.43	2.986	1.892	1.09
2019	20.37	10.86	9.51	19.45	11.13	8.32	3.005	1.872	1.13
2020	20.64	11.54	9.10	20.08	12.42	7.66	3.028	1.878	1.15
2021	21.53	11.82	9.71	20.62	13.57	7.04	3.043	2.092	0.95
2022	21.62	12.28	9.34	21.49	14.44	7.05	3.057	2.149	0.91
2023	22.29	12.49	9.80	22.29	15.03	7.27	3.066	2.314	0.75

根据式(8)—(13)，对表2中全国铁路网规模$f_{1,1,t}$、高速公路网规模$f_{1,2,t}$、民用运输机场个数$f_{1,3,t}$，以及表4中四大板块间铁路网综合密度最大值和最小值的差值$f_{2,1,t}$、四大板块间高速公路网综合密度最大值和最小值的差值$f_{2,2,t}$、四大板块间民用运输机场综合密度最大值和最小值的差值$f_{2,3,t}$进行标准化，得到2000—2023年我国交通基础设施规模和四大板块综合密度最大差值的去单位值如表5所示。

根据式(5)，对表5中分方式交通基础设施规模和分方式四大板块综合密度最大差值的去单位值进行叠加，计算得到综合交通网在效率方面得分的原始值$\alpha_{1,t}$、在公平方面得分的原始值$\alpha_{2,t}$，并得到$\alpha_{1,\max}=3$，$\alpha_{1,\min}=0.02$，$\alpha_{2,\max}=2.42$，$\alpha_{2,\min}=0.81$。

根据式(4)，得到综合交通网在效率、公平方面评价得分标准值的计算公式，如下所示。

$$\overline{\alpha_{1,t}}=\frac{\alpha_{1,t}-0.02}{3-0.02} \tag{14}$$

$$\overline{\alpha_{2,t}}=\frac{\alpha_{2,t}-0.81}{2.42-0.81} \tag{15}$$

根据式(14)—(15)，得到综合交通网在效率、公平方面评价得分的标准值。2000—2023年我国综合交通网

表5　2000—2023年我国交通基础设施规模和四大板块综合密度最大差值的去单位值

Tab.5　Dimensionless values of maximum difference between scale of transportation infrastructure and comprehensive density of four major regions in China from 2000 to 2023

年份	交通基础设施总规模(效率)			四大板块综合密度最大差值(公平)		
	铁路 $\overline{f_{1,1,t}}$	高速 $\overline{f_{1,2,t}}$	机场 $\overline{f_{1,3,t}}$	铁路 $\overline{f_{2,1,t}}$	高速 $\overline{f_{2,2,t}}$	机场 $\overline{f_{2,3,t}}$
2000	0.00	0.00	0.20	0.94	0.00	0.06
2001	0.02	0.02	0.05	1.00	0.07	0.27
2002	0.04	0.05	0.03	0.78	0.17	0.05
2003	0.05	0.08	0.09	0.72	0.30	0.16
2004	0.06	0.11	0.00	0.57	0.34	0.11
2005	0.07	0.15	0.04	0.32	0.49	0.00
2006	0.09	0.17	0.07	0.20	0.58	0.07
2007	0.10	0.22	0.12	0.20	0.64	0.09
2008	0.12	0.26	0.19	0.26	0.76	0.32
2009	0.19	0.29	0.24	0.11	0.78	0.53
2010	0.25	0.34	0.34	0.00	0.88	0.53
2011	0.27	0.41	0.35	0.02	0.82	0.53
2012	0.32	0.48	0.38	0.31	0.89	0.65
2013	0.38	0.53	0.46	0.26	0.86	0.55
2014	0.48	0.57	0.53	0.10	0.87	0.62
2015	0.58	0.64	0.60	0.34	0.93	0.69
2016	0.61	0.68	0.66	0.20	1.00	0.64
2017	0.65	0.72	0.75	0.20	0.95	1.00
2018	0.70	0.75	0.80	0.56	0.95	0.91
2019	0.79	0.79	0.83	0.43	0.93	0.95
2020	0.86	0.86	0.85	0.33	0.81	0.97
2021	0.91	0.91	0.91	0.49	0.70	0.76
2022	0.95	0.96	0.96	0.39	0.70	0.72
2023	1.00	1.00	1.00	0.51	0.74	0.56

在效率、公平方面的评价得分的原始值和标准值如表6所示。

2.3　灵敏度分析

以0.1为间隔，根据式(2)、式(3)，获取11种权重系数组合。根据式(1)对表6数据进行叠加计算，得到不同权重系数下评价者对区域协调发展战略下综合交通网发展成效的得分，获取最高评价得分的年份。2000—2023年我国综合交通网评价得分如表7所示。

表6　2000—2023年我国综合交通网在效率、公平方面的评价得分的原始值和标准值

Tab.6　Original and standardized values of efficiency and fairness evaluation scores for integrated transportation network in China from 2000 to 2023

年份	效率		公平	
	原始值 $\alpha_{1,t}$	标准值 $\overline{\alpha_{1,t}}$	原始值 $\alpha_{2,t}$	标准值 $\overline{\alpha_{2,t}}$
2000	0.02	0	1	0.12
2001	0.08	0.02	1.34	0.33
2002	0.12	0.03	1	0.12
2003	0.22	0.07	1.19	0.24
2004	0.17	0.05	1.02	0.13
2005	0.26	0.08	0.81	0
2006	0.34	0.11	0.84	0.02
2007	0.45	0.15	0.94	0.08
2008	0.57	0.19	1.33	0.32
2009	0.71	0.23	1.42	0.38
2010	0.94	0.31	1.40	0.37
2011	1.03	0.34	1.37	0.35
2012	1.17	0.39	1.84	0.64
2013	1.37	0.45	1.67	0.53
2014	1.58	0.52	1.59	0.48
2015	1.82	0.60	1.95	0.71
2016	1.96	0.65	1.84	0.64
2017	2.12	0.70	2.16	0.84
2018	2.25	0.75	2.42	1
2019	2.41	0.80	2.32	0.94
2020	2.57	0.86	2.11	0.81
2021	2.73	0.91	1.95	0.71
2022	2.87	0.96	1.81	0.62
2023	3	1	1.81	0.62

如表7所示，随着权重系数的变化，不同年份综合交通网发展成效的评价得分存在显著变化。2000—2023年间24个年度的综合交通网在11种权重系数下的评价得分如图1所示。11种权重系数下，最高评价得分主要集中在2023年和2005年。当评价者更多注重效率时，随着交通网络规模的不断扩大，综合交通网的整体效率持续提升，2023年的综合交通网更容易获得更

表7　2000—2023年我国综合交通网评价得分

Tab.7　Evaluation scores of integrated transportation network in China from 2000 to 2023

权重组合		评价得分	最高得分年份
ω_1	ω_2		
1.0	0.0	1.000	2023
0.9	0.1	0.838	2023
0.8	0.2	0.676	2023
0.7	0.3	0.514	2023
0.6	0.4	0.352	2023
0.5	0.5	0.190	2023
0.4	0.6	0.033	2005
0.3	0.7	0.025	2005
0.2	0.8	0.016	2005
0.1	0.9	0.008	2005
0.0	1.0	0.000	2005

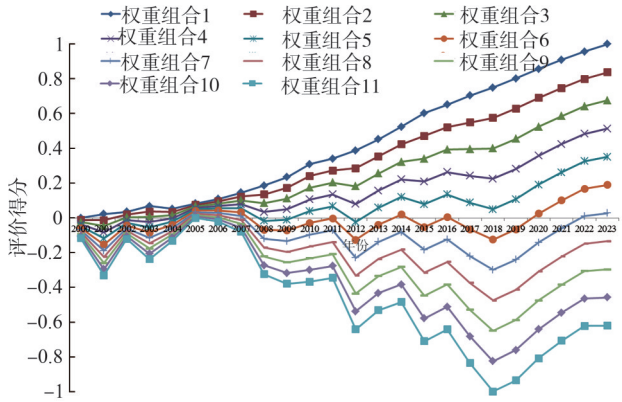


图1　不同年份综合交通网评价得分

Fig.1　Evaluation scores of integrated transportation network in different years

高的评价，在全部最优方案中占比54.5%；当评价者更多重视公平时，2005年的综合交通网更容易获得更高的评价，在全部最优方案中占比45.5%。

3　研究结论

以区域协调发展战略下综合交通网发展成效评价为研究对象，统筹不同交通方式，兼顾效率和公平，建立分析模型，结合案例分析，得出以下结论。

（1）评价指标的选取涉及铁路、高速公路、民用运输机场等多种交通方式，一定程度上减小了由于四大板块在不同交通方式基础设施发展侧重差异方面给模型带来的潜在影响，提高了模型的合理性。

（2）使用基于距离方法对效率和公平、不同交通方式指标进行标准化和去单位化，标准化和去单位化后的评价指标可叠加比较；使用权重系数，能够反映不同评价者对效率和公平的偏好。

（3）评价者的偏好差异会影响区域协调发展战略下综合交通网发展成效的评价，当评价者更多注重效率时，2023年的综合交通网更容易获得更高评价，在全部最优方案中占比54.5%；当评价者更多重视公平时，2005年的综合交通网更容易获得更高评价，在全部最优方案中占比45.5%。

参考文献：

[1] 习近平. 推动形成优势互补高质量发展的区域经济布局[J]. 求是，2019(24)：4-9.

[2] 习近平. 推进中国式现代化需要处理好若干重大关系[J]. 求是，2023(19)：4-8.

[3] 孙宏日，刘艳军，周国磊. 东北地区交通优势度演变格局及影响机制[J]. 地理学报，2021，76(2)：444-458.
SUN Hongri，LIU Yanjun，ZHOU Guolei. The Spatiotemporal Differentiation and Mechanisms of Traffic Dominance in Northeast China[J]. Acta Geographica Sinica，2021，76(2)：444-458.

[4] 崔　愿，孔　哲，孙相军，等. 交通运输支撑服务区域重大战略的思考[J]. 科技导报，2022，40(14)：57-64.
CUI Yuan，KONG Zhe，SUN Xiangjun，et al. The Major Regional Strategies Supported by Transportation[J]. Science & Technology Review，2022，40(14)：57-64.

[5] 蒋柳鹏，翁艳君，雷智鹞. 基于云模型和TOPSIS模型的区域综合交通发展水平评价[J]. 重庆交通大学学报(自然科学版)，2024，43(10)：47-53，69.
JIANG Liupeng，WENG Yanjun，LEI Zhiyi. Evaluation of Regional Integrated Transport Development Level Based on Cloud Model and TOPSIS Model[J]. Journal of Chongqing Jiaotong University (Natural Science)，2024，43(10)：47-53，69.

[6] 刘　晨，陈　璟，毛亚平，等. 共同富裕目标下交通运输的发展[J]. 科技导报，2023，41(11)：19-25.
LIU Chen，CHEN Jing，MAO Yaping，et al. Countermeasures and Suggestions for the Development of Transportation Services under the Background of Achieving Common Prosperity[J]. Science & Technology Review，2023，41(11)：19-25.

[7] 李　勇，骆　琳，李禹锋，等. 基于DEA交叉效率的交通运输与区域经济发展耦合协调度分析[J]. 统计与决策，2021，37(22)：107-110.

[8] 刘佳骏. 交通基础设施网络化影响城市对外经济联系的机制分析[J]. 经济纵横，2024(9)：93-103.
LIU Jiajun. Mechanism of the Impact of Networked Transportation Infrastructure on External Economic Ties of Cities[J]. Economic Review Journal，2024(9)：93-103.

[9] 刘勇凤，魏永存，王　伟. 综合货运枢纽服务能力评价方法及应用[J]. 铁路物流，2025，43(7)：6-14.
LIU Yongfeng，WEI Yongcun，WANG Wei. Evaluation Method for Service Capability of Intermodal Freight Transportation Hubs and Its Application[J]. Railway Logistics，2025，43(7)：6-14.
[10] 唐炜琳，郎茂祥，王海超，等. 适应市场经营的铁路现代物流经营评价指标体系设计[J]. 铁路物流，2025，43(9)：1-7，13.
TANG Weilin，LANG Maoxiang，WANG Haichao，et al. Design of an Operational Performance Evaluation Index System for Market-Oriented Railway Modern Logistics Systems[J]. Railway Logistics，2025，43(9)：1-7，13.

（责任编辑：李丹丹）

Evaluation Indicators and Methods of Integrated Transportation Network under Regional Coordinated Development Strategy Based on Efficiency and Fairness

CUI Yuan[1,2]，CHEN Jing[1,2]，SUN Xiangjun[1]

(1. Institute of Comprehensive Transport，Transport Planning and Research Institute，Ministry of Transport，Beijing 100028，China；
2. Laboratory for Traffic & Transport Planning Digitalization，Transport Planning and Research Institute，Ministry of Transport，Beijing 100028，China)

Abstract: Overall coordination of efficiency and fairness is the basis and an inevitable requirement for objectively and comprehensively evaluating the effectiveness of integrated transportation network development under the regional coordinated development strategy. The scale of transportation infrastructure was employed to represent efficiency, and the differences in comprehensive transportation infrastructure density among the four major regions were employed to represent fairness. Covering multiple transportation modes such as railways, highways, and airports, and comprehensively considering efficiency and fairness, an evaluation indicator system of the integrated transportation network under the regional coordinated development strategy was established. The dimensionless method was used to aggregate infrastructure indicators of different transportation modes under efficiency and fairness. Transportation efficiency scores and fairness scores were standardized using distance-based methods. Weight coefficients were used to represent the preferences of different evaluators for efficiency and fairness. The development of the integrated transportation network in China under the regional coordinated development strategy since 2000 was taken as an example to verify the effectiveness and practicality of the proposed model and method. The results indicate that the model can be used to evaluate the effectiveness of integrated transportation network development under China's regional coordinated development strategy, and that the weight coefficient affects evaluators' assessments of regional transportation network development effectiveness. Under a uniform distribution of evaluators' preferences for efficiency and fairness, transportation development in 2023 has a 54.5% probability of being the optimal solution, while transportation development in 2005 has a 45.5% probability of being the optimal solution.

Keywords: Regional Development Strategy; Efficiency; Fairness; Evaluation Indicator; Weight Coefficient