

DOI: 10.20040/j.cnki.1000-7709.2023.20222498

新疆水资源空间均衡评价

张玉祥^{1,2}, 穆振侠^{1,2}, 田晓杰^{1,2}

(1. 新疆农业大学水利与土木工程学院, 新疆 乌鲁木齐 830052; 2. 新疆水利工程安全与水灾害防治重点实验室, 新疆 乌鲁木齐 830052)

摘要: 为弥补单一基尼系数法在新疆水资源空间均衡评价上的不足, 需系统评价水资源与社会发展的匹配关系。选取新疆耕地面积、人口数量、工农业产值、生产总值作为影响水资源承载力的指标, 采用联系数法与洛伦兹曲线相结合的方法定量分析区域水资源及子区域水资源与各指标间的均衡性, 结合五元减法集对势识别子区域水资源均衡性发展态势。结果表明, 2011~2018年新疆整体水资源均衡性呈先升后降趋势, 且年际间均处于不均衡状态; 从各指标分析可知水资源均衡性在较不均衡与不均衡间波动; 从子区域水资源均衡性与态势分析可知大部分地区处于不均衡、反(偏反)势状态, 加剧了水资源的不均衡性, 明确了需进行水资源均衡调控的对象, 为合理改善水资源均衡性指明了方向。

关键词: 水资源空间均衡性; 联系数; 五元减法集对势; 基尼系数

中图分类号: TV213.9

文献标志码: A

文章编号: 1000-7709(2023)08-0056-05

1 概况

新疆地处我国西北边陲, 属于温带大陆性气候, 日照时间充足, 降水稀少, 蒸发强烈, 降水量在 93.20~205.60 mm 之间, 年平均蒸发量在 800~3 200 mm 之间, 水资源空间分布整体呈北多南少、西多东少, 山区多、平原少的特征。水资源作为社会发展和生态环境保护不可替代的自然资源与战略资源, 开展水资源空间均衡评价是实现人水和谐的必要前提, 也是解决区域间水资源不平衡、不充分的有效手段^[1]。目前, 关于水资源空间均衡性的研究已引起广泛关注。如左其亭等^[2]以地理系统作为分析水资源空间均衡的手段, 选取降水量为主要影响指标, 对河南省水资源空间均衡性进行了分析; 宋建等^[3]基于洛伦兹曲线和基尼系数分析了区域水资源与耕地、人口的空间匹配性; 陈金凤^[4]通过基尼系数分析了福建省水资源利用与经济发展匹配关系。目前, 基尼系数法仍存在一定局限性, 难以判别子区域的水资源空间均衡性; 同时在生产实践中由于水资源

系统的复杂性, 应考虑多方面因素对水资源均衡性的影响。因此, 本文针对新疆地区, 在水资源综合评价指标体系中考虑人口、耕地面积指标, 还将工农业产值、生产总值指标纳入其中; 评价方法上, 在洛伦兹曲线基础上引入联系数法, 并结合减法集对势判别水资源均衡性及其变化趋势。

2 研究方法

2.1 基尼系数法与五元减法集对势

采用基尼系数法^[5]确定水资源与各指标间的匹配性, 同时通过五元减法集对势^[6]进一步解析各子区域水资源空间均衡状态变化趋势。

2.2 基于联系数和洛伦兹曲线耦合模型的构建

为了更好地评价水资源在空间分布上的均衡性, 构建联系数和洛伦兹曲线的耦合模型分析水资源空间均衡性, 具体步骤如下。

步骤 1 以区域水资源总量作为匹配原像, 影响水资源承载压力的指标作为匹配对象, 定义纵轴为各行政单元水资源量占总量的累积比例, 横轴为各行政单元不同指标占区域对应指标的累

收稿日期: 2022-11-29, **修回日期:** 2023-03-08

基金项目: 新疆维吾尔自治区重点研发计划项目(2022B03024-4); 国家自然科学基金项目(51969029, 52269007); 新疆维吾尔自治区天山英才计划第三期

作者简介: 张玉祥(1996-), 男, 硕士研究生, 研究方向为水文水资源, E-mail: 2854956112@qq.com

通讯作者: 穆振侠(1980-), 男, 博士、教授、博导, 研究方向为水文水资源, E-mail: xjmzx@xjau.edu.cn

积比例,绘制洛伦兹曲线。

步骤 2 计算洛伦兹曲线上样本点 (x_{ij}, y_{ij}) 与绝对平均线之间的纵向距离 d_{ij} , 计算公式为:

$$d_{ij} = x_{ij} - y_{ij} \quad (1)$$

式中, i 为指标数目; j 为行政单元序号。

步骤 3 将样本点的横坐标与绝对平均线之间的纵向距离五等分, 最靠近平均线的为等级 I, 依此类推共 5 个等级, 分析计算样本值 d_{ij} 与各评价等级 $k(1, 2, \dots, 5)$ 之间的联系系数 u_{ijk} 。

步骤 4 计算样本值 d_{ij} 隶属等级 k 的相对隶属度 v_{ijk}^* 及各样本点的联系系数分量 v_{ijk} :

$$v_{ijk}^* = 0.5 + 0.5u_{ijk} \quad (2)$$

步骤 5 计算各行政单元不同指标的五元联系系数 u_{ij} 及整体区域不同指标的联系系数 u_i :

$$u_{ij} = v_{ij1} + v_{ij2}I_1 + v_{ij3}I_2 + v_{ij4}I_3 + v_{ij5}J \quad (3)$$

$$u_i = \sum_{j=1}^n \frac{u_{ij}}{n} \quad (4)$$

式中, J 为对立度系数; I 为差异度系数。

联系系数 $[-1.00, -0.05]$ 、 $(-0.05, 0.20]$ 、 $(0.20, 0.38]$ 、 $(0.38, 0.58]$ 、 $(0.58, 1.00]$ 对应评价等级分别为 V (不均衡)、IV (较不均衡)、III (临界)、II (较均衡)、I (均衡)。

3 新疆水资源空间均衡评价

3.1 水资源与各指标均衡性结果分析

收集新疆 15 个地州(市)2011~2018 年水资源总量、耕地面积、人口、工业产值、农业产值、总产值 6 个指标数据, 数据来源于《新疆统计年鉴》、《新疆水资源公报》。采用耦合模型与基尼系数法确定水资源的均衡性、匹配性, 评价结果见表 1。

表 1 新疆水资源总量与耕地面积、人口数量、工业产值、地区生产总值、地区农业产值空间均衡评价结果

Tab. 1 Spatial equilibrium evaluation results of total water resources and cultivated land area population, industrial output value, gross regional product, regional agricultural output in Xinjiang

指标	年份	联系系数	联系数值	评价等级	基尼系数	评价等级
耕地面积	2011	$0.173+0.142I_1+0.242I_2+0.263I_3+0.180J$	-0.067	不均衡	0.45	较不匹配
	2012	$0.189+0.143I_1+0.234I_2+0.262I_3+0.172J$	-0.043	较不均衡	0.45	较不匹配
	2013	$0.166+0.127I_1+0.241I_2+0.277I_3+0.189J$	-0.099	不均衡	0.48	较不匹配
	2014	$0.180+0.185I_1+0.269I_2+0.215I_3+0.151J$	0.013	较不均衡	0.44	较不匹配
	2015	$0.186+0.184I_1+0.271I_2+0.217I_3+0.141J$	0.029	较不均衡	0.43	较不匹配
	2016	$0.188+0.140I_1+0.255I_2+0.261I_3+0.156J$	-0.029	较不均衡	0.45	较不匹配
	2017	$0.186+0.165I_1+0.256I_2+0.237I_3+0.156J$	-0.005	较不均衡	0.45	较不匹配
	2018	$0.126+0.136I_1+0.249I_2+0.262I_3+0.226J$	-0.163	不均衡	0.56	高度不匹配
人口数量	2011	$0.189+0.151I_1+0.166I_2+0.217I_3+0.278J$	-0.122	不均衡	0.46	较不匹配
	2012	$0.180+0.153I_1+0.188I_2+0.209I_3+0.271J$	-0.119	不均衡	0.45	较不匹配
	2013	$0.161+0.187I_1+0.185I_2+0.184I_3+0.282J$	-0.120	不均衡	0.46	较不匹配
	2014	$0.202+0.188I_1+0.202I_2+0.181I_3+0.227J$	-0.022	较不均衡	0.44	较不匹配
	2015	$0.202+0.182I_1+0.174I_2+0.192I_3+0.25J$	-0.053	不均衡	0.44	较不匹配
	2016	$0.176+0.158I_1+0.182I_2+0.222I_3+0.263J$	-0.119	不均衡	0.48	较不匹配
	2017	$0.188+0.167I_1+0.194I_2+0.205I_3+0.246J$	-0.077	不均衡	0.45	较不匹配
	2018	$0.172+0.179I_1+0.204I_2+0.202I_3+0.243J$	-0.080	不均衡	0.47	较不匹配
工业产值	2011	$0.161+0.108I_1+0.142I_2+0.204I_3+0.385J$	-0.273	不均衡	0.76	高度不匹配
	2012	$0.166+0.121I_1+0.151I_2+0.193I_3+0.368J$	-0.238	不均衡	0.73	高度不匹配
	2013	$0.146+0.113I_1+0.158I_2+0.210I_3+0.371J$	-0.273	不均衡	0.73	高度不匹配
	2014	$0.155+0.139I_1+0.167I_2+0.198I_3+0.340J$	-0.214	不均衡	0.69	高度不匹配
	2015	$0.155+0.160I_1+0.178I_2+0.192I_3+0.318J$	-0.181	不均衡	0.62	高度不匹配
	2016	$0.153+0.119I_1+0.150I_2+0.223I_3+0.355J$	-0.254	不均衡	0.69	高度不匹配
	2017	$0.161+0.123I_1+0.143I_2+0.210I_3+0.363J$	-0.245	不均衡	0.69	高度不匹配
	2018	$0.134+0.097I_1+0.145I_2+0.233I_3+0.391J$	-0.325	不均衡	0.74	高度不匹配
地区生产总值	2011	$0.164+0.106I_1+0.152I_2+0.212I_3+0.365J$	-0.254	不均衡	0.67	高度不匹配
	2012	$0.169+0.126I_1+0.132I_2+0.202I_3+0.371J$	-0.239	不均衡	0.65	高度不匹配
	2013	$0.160+0.111I_1+0.128I_2+0.210I_3+0.392J$	-0.282	不均衡	0.66	高度不匹配
	2014	$0.167+0.132I_1+0.144I_2+0.210I_3+0.347J$	-0.219	不均衡	0.62	高度不匹配
	2015	$0.172+0.121I_1+0.134I_2+0.220I_3+0.353J$	-0.230	不均衡	0.60	高度不匹配
	2016	$0.172+0.105I_1+0.130I_2+0.240I_3+0.353J$	-0.247	不均衡	0.63	高度不匹配
	2017	$0.171+0.112I_1+0.129I_2+0.217I_3+0.372J$	-0.253	不均衡	0.63	高度不匹配
	2018	$0.154+0.119I_1+0.120I_2+0.231I_3+0.376J$	-0.279	不均衡	0.64	高度不匹配
地区农业产值	2011	$0.168+0.120I_1+0.199I_2+0.298I_3+0.215J$	-0.136	不均衡	0.49	较不匹配
	2012	$0.175+0.128I_1+0.222I_2+0.276I_3+0.199J$	-0.098	不均衡	0.48	较不匹配
	2013	$0.160+0.124I_1+0.226I_2+0.283I_3+0.207J$	-0.127	不均衡	0.50	高度不匹配
	2014	$0.178+0.164I_1+0.253I_2+0.240I_3+0.165J$	-0.025	较不均衡	0.44	较不匹配
	2015	$0.180+0.182I_1+0.263I_2+0.225I_3+0.150J$	0.008	较不均衡	0.44	较不匹配
	2016	$0.201+0.139I_1+0.225I_2+0.266I_3+0.170J$	-0.032	较不均衡	0.47	较不匹配
	2017	$0.173+0.153I_1+0.253I_2+0.255I_3+0.166J$	-0.044	较不均衡	0.46	较不匹配
	2018	$0.169+0.124I_1+0.253I_2+0.283I_3+0.170J$	-0.081	较不均衡	0.49	较不匹配

其联系数值及基尼系数变化趋势见图 1。由表 1 可知：①水资源量与耕地面积间的平均联系数、基尼系数分别为-0.046、0.46，总体处于较不均衡、较不匹配状态。少数年份处于不均衡、较不匹配状态。在耕地面积处于动态平衡及水资源量先增后减的态势下，2011~2018 年联系数评价等级在不均衡与较不均衡间波动变化。②水资源量与人口间的平均联系数值、基尼系数分别为-0.089、0.46，总体处于不均衡，较不匹配状态，年际间无明显等级变化。③水资源量与工业产值间的平均联系数与基尼系数分别为-0.25、0.71，总体处于不均衡、高度不匹配状况。造成该趋势的主要原因是农业用水占比达 95%，限制了工业用水量及工业的发展，导致不平衡、不匹配问题出现。④水资源量与生产总值间的平均联系数、基尼系数分别为 0.25、0.64，总体处于不均衡、较不匹配状态，其主要原因是水资源量缺乏且用水结构不合理。⑤水资源量与农业产值间的平均联系数、基尼系数分别为-0.067、0.47，总体呈不均衡与较不匹配状态；鉴于 2013 年后大量节水措施的实施、高标准农田建设、规模化经营管理措施的成效慢慢凸显，加之国家最严格水资源管理制度的实施使得水资源—农业产值的均衡性得到一定的好转，不均衡、不匹配态势逐步改善。

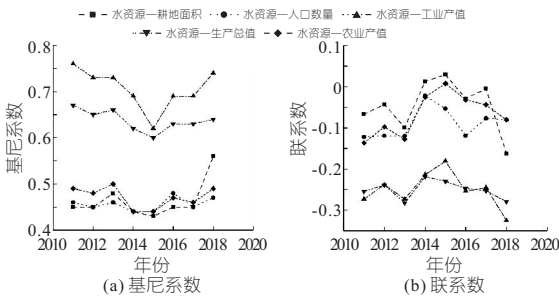


图 1 2011~2018 年各指标匹配水资源的联系数值及基尼系数

Fig. 1 Correlation value and Gini coefficient of water resources matching each index from 2011 to 2018

3.2 水资源总体空间均衡分析

通过加权平均法得到新疆水资源总体空间均衡性趋势(图 2)，可以看出 2011~2018 年水资源总体均衡性指数、基尼系数分别介于-0.19~-0.09、

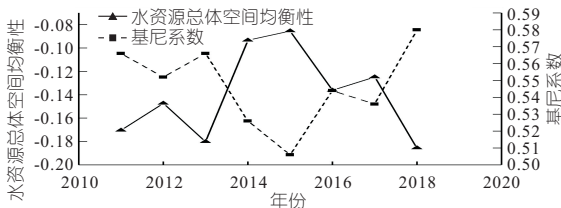


图 2 水资源总体空间均衡性

Fig. 2 Overall spatial equilibrium of water resources

0.51~0.58 之间，呈不均衡、不匹配状况，尤其以 2015 年以后较严重。

3.3 不同行政单元水资源空间均衡评价分析

以 2018 年为例，通过子区域的联系数值及态势(表 2)，分析不同行政单元水资源量空间均衡性。

(1)水资源总量与耕地面积空间均衡性评价。由表 2 可知，在新疆 15 个地州(市)中处于均衡、同势的有 4 个，处于不均衡、均势的有 3 个，处于不均衡、反(偏反)势的有 8 个，尽管部分区域处于不均衡状态，但近年来所在区域水资源量呈波动增加趋势，且大力发展节水农业、优化种植结构等措施的成效显著，使所在区域不均衡状态向均势转变；造成不均衡、反(偏反)势的主要原因是所在区域水资源呈波动减少趋势，加之气候异常及耕地面积的逐步增加，加剧了水资源空间的不均衡性。

(2)水资源总量与人口数量空间均衡性评价。由表 2 可知，处于均衡、同势的地州(市)有 6 个，处于不均衡、反(偏反)势的地州(市)有 8 个，造成不均衡、反(偏反)势的主要原因是所在区域水资源量有限，而经济发展水平较高，吸引了较多人口的聚集，使人口与水资源量不匹配问题更加突出。如乌鲁木齐水资源量占比 1.2%，而人口占总人口的 10%。

(3)水资源总量与工业产值空间均衡性评价。由表 2 可知，处于不均衡、反(偏反)势的地州(市)有 10 个，其余地区处于均衡、同(均)势。造成不均衡、反(偏反)势的主要原因是所在区域水资源量主要用于农业，工业可用水资源较少，加之用水工艺不先进，水资源重复利用率不高，导致了不均衡状况的出现。

(4)水资源总量与生产总值空间均衡性评价。由表 2 可知，处于不均衡、反(偏反)势的地州(市)有 10 个，而引起不均衡、反(偏反)势的主要原因是所在区域农业用水占比较大，经济效益不明显，影响了生产总值，使得两者处于不均衡状态。

(5)水资源总量与农业产值空间均衡性评价。由表 2 可知，处于不均衡、均势的地州(市)有 2 个，处于不均衡、反(偏反)势的有 8 个。尽管部分区域处于不均衡状态，但随着大量“定居”兴牧水利工程的建设和、开源节流措施的实施，使所在区域不均衡状态向均势转变。造成不均衡、反(偏反)势的主要原因是所在区域因气候异常导致水资源量呈减少趋势，加之耕地面积超出红线标准，管理制度不完善、节水成效不明显，造成农业水资源利用效益偏低，使水资源呈不均衡性。

表 2 2018 年新疆各地市耕地面积、人口、工业产值、生产总值、农业产值匹配水资源空间均衡评价结果

Tab. 2 Spatial balance evaluation results of cultivated land area, population-matched, industrial output, GDP, agricultural output, matching water resources in Xinjiang cities in 2018

指标	区域	地市	d_i	联系数	联系数值	评价等级	减法集对势	态势	
耕地面积	北疆	乌鲁木齐市	0.014	$0.056I_3+0.944J$	-0.972	不均衡	-0.998	反势	
		克拉玛依市	0.027	$0.114I_3+0.886J$	-0.943	不均衡	-0.994	反势	
		吐鲁番地区	0.425	$0.087I_1+0.5I_2+0.413I_3$	-0.163	不均衡	-0.163	均势	
		哈密地区	0.246	$0.189I_2+0.5I_3+0.311J$	-0.561	不均衡	-0.697	反势	
		昌吉州	0.411	$0.023I_1+0.5I_2+0.477I_3$	-0.227	不均衡	-0.227	偏反势	
		博州	0.361	$0.028+0.5I_1+0.472I_2$	0.278	临界	0.298	偏同势	
		伊犁州	0.316	$0.333I_2+0.5I_3+0.167J$	-0.417	不均衡	-0.514	偏反势	
		塔城地区	0.235	$0.164I_2+0.5I_3+0.336J$	-0.586	不均衡	-0.726	反势	
		阿勒泰地区	0.273	$0.306+0.5I_1+0.194I_2$	0.556	较均衡	0.692	同势	
		石河子市	0	1	1.000	均衡	1.000	同势	
		南疆	巴州	0.354	$0.388I_2+0.5I_3+0.112J$	-0.362	不均衡	-0.433	偏反势
			阿克苏地区	0.140	$0.362I_3+0.638J$	-0.819	不均衡	-0.934	反势
			克州	0.156	$0.560+0.440I_1$	0.780	均衡	0.903	同势
			喀什地区	0.385	$0.421I_1+0.5I_2+0.079I_3$	0.171	较不均衡	0.171	均势
和田地区	0.425		$0.064I_1+0.5I_2+0.436I_3$	-0.186	不均衡	-0.186	均势		
工业产值	北疆		乌鲁木齐市	0.127	$0.312I_3+0.688J$	-0.844	不均衡	-0.951	反势
		克拉玛依市	0.040	$0.081I_3+0.919J$	-0.959	不均衡	-0.997	反势	
		吐鲁番地区	0.147	$0.389I_3+0.611J$	-0.806	不均衡	-0.924	反势	
		哈密地区	0.351	$0.481I_2+0.5I_3+0.019J$	-0.269	不均衡	-0.283	偏反势	
		昌吉州	0.343	$0.447I_2+0.5I_3+0.053J$	-0.303	不均衡	-0.347	偏反势	
		博州	0.278	$0.176+0.5I_1+0.324I_2$	0.426	较均衡	0.524	偏同势	
		伊犁州	0.287	$0.127+0.5I_1+0.373I_2$	0.377	临界	0.457	偏同势	
		塔城地区	0.258	$0.274+0.5I_1+0.226I_2$	0.524	较均衡	0.655	同势	
		阿勒泰地区	0	1	1.000	均衡	1.000	同势	
		石河子市	0.026	$0.032I_3+0.968J$	-0.984	不均衡	-0.999	反势	
		南疆	巴州	0.130	$0.598+0.402I_1$	0.799	均衡	0.919	同势
			阿克苏地区	0.318	$0.378I_2+0.5I_3+0.122J$	-0.372	不均衡	-0.448	反势
			克州	0.219	$0.403+0.5I_1+0.097I_2$	0.653	均衡	0.792	同势
			喀什地区	0.264	$0.481I_2+0.5I_3+0.019J$	-0.510	不均衡	-0.638	反势
和田地区	0.337		$0.284I_1+0.5I_2+0.216I_3$	0.034	较不均衡	0.034	均势		
农业产值	北疆		乌鲁木齐市	0.192	$0.005I_3+0.995J$	-0.998	不均衡	-0.990	反势
		克拉玛依市	0.325	$0.011I_3+0.989J$	-0.995	不均衡	-0.995	反势	
		吐鲁番地区	0.540	$0.381I_3+0.619J$	-0.810	不均衡	-0.928	反势	
		哈密地区	0.382	$0.108I_3+0.892J$	-0.946	不均衡	-0.994	反势	
		昌吉州	0.593	$0.045I_2+0.5I_3+0.455J$	-0.705	不均衡	-0.839	反势	
		博州	0.496	$0.097I_1+0.5I_2+0.403I_3$	-0.153	不均衡	-0.153	均势	
		伊犁州	0.588	$0.203I_2+0.5I_3+0.297J$	-0.547	不均衡	-0.682	反势	
		塔城地区	0.558	$0.367I_2+0.5I_3+0.133J$	-0.383	不均衡	-0.465	偏反势	
		阿勒泰地区	0.118	$0.626+0.374I_1$	0.813	均衡	0.930	同势	
		石河子市	0.376	$0.482I_1+0.5I_2+0.018I_3$	0.232	临界	0.232	偏同势	
		南疆	巴州	0.520	$0.353I_3+0.647J$	-0.823	不均衡	-0.938	反势
			阿克苏地区	0.443	$0.221I_3+0.779J$	-0.889	不均衡	-0.976	反势
			克州	0	1	1.000	均衡	1.000	同势
			喀什地区	0.241	$0.378+0.5I_1+0.122I_2$	0.628	均衡	0.769	同势
和田地区	0.540		$0.444I_2+0.5I_3+0.056J$	-0.306	不均衡	-0.345	偏反势		
生产总值	北疆		乌鲁木齐市	0.346	$0.151I_3+0.849J$	-0.923	不均衡	-0.989	反势
		克拉玛依市	0.102	$0.033I_3+0.967J$	-0.983	不均衡	-0.999	反势	
		吐鲁番地区	0.436	$0.371I_3+0.629J$	-0.814	不均衡	-0.931	反势	
		哈密地区	0.463	$0.413I_3+0.587J$	-0.794	不均衡	-0.915	反势	
		昌吉州	0.420	$0.346I_3+0.654J$	-0.827	不均衡	-0.940	反势	
		博州	0.483	$0.143I_2+0.5I_3+0.357J$	-0.607	不均衡	-0.747	反势	
		伊犁州	0.296	$0.214+0.5I_1+0.286I_2$	0.464	较均衡	0.579	偏同势	
		塔城地区	0.475	$0.319I_2+0.5I_3+0.181J$	-0.431	不均衡	-0.533	偏反势	
		阿勒泰地区	0	1	1.000	均衡	1.000	同势	
		石河子市	0.029	$0.029I_3+0.971J$	-0.986	不均衡	-0.999	反势	
		南疆	巴州	0.399	$0.345I_1+0.5I_2+0.154I_3$	0.096	较不均衡	0.096	均势
			阿克苏地区	0.486	$0.049I_2+0.5I_3+0.451J$	-0.701	不均衡	-0.836	反势
			克州	0.136	$0.589+0.411I_1$	0.794	均衡	0.915	同势
			喀什地区	0.458	$0.030I_1+0.5I_2+0.470I_3$	-0.220	不均衡	-0.220	偏反势
和田地区	0.193		$0.501+0.499I_1$	0.750	均衡	0.875	同势		
农业产值	北疆		乌鲁木齐市	0.395	$0.06I_1+0.5I_2+0.44I_3$	-0.190	不均衡	-0.190	均势
		克拉玛依市	0.009	$0.272I_3+0.728J$	-0.864	不均衡	-0.963	反势	
		吐鲁番地区	0.126	$0.174I_2+0.5I_3+0.326J$	-0.576	不均衡	-0.714	反势	
		哈密地区	0.392	$0.039I_1+0.5I_2+0.461I_3$	-0.211	不均衡	-0.211	偏反势	
		昌吉州	0.105	$0.160I_2+0.5I_3+0.340J$	-0.590	不均衡	-0.730	反势	
		博州	0.402	$0.110I_1+0.5I_2+0.390I_3$	-0.140	不均衡	-0.140	均势	
		伊犁州	0.275	$0.253+0.5I_1+0.247I_2$	0.503	较均衡	0.629	同势	
		塔城地区	0.309	$0.395I_2+0.5I_3+0.105J$	-0.355	不均衡	-0.423	偏反势	
		阿勒泰地区	0.058	$0.775+0.225I_1$	0.887	均衡	0.975	同势	
		石河子市	0.006	$0.118I_3+0.882J$	-0.941	不均衡	-0.993	反势	
		南疆	巴州	0.350	$0.426I_1+0.5I_2+0.074I_3$	0.176	较不均衡	0.716	同势
			阿克苏地区	0.218	$0.325I_2+0.5I_3+0.175J$	-0.425	不均衡	-0.525	偏反势
			克州	0	1	1	均衡	1.000	同势
			喀什地区	0.385	$0.011I_1+0.5I_2+0.489I_3$	-0.239	不均衡	-0.239	偏反势
和田地区	0.187		$0.507+0.493I_1$	0.753	均衡	0.878	同势		

4 结 论

a. 采用联系系数与洛伦兹曲线相结合的方法,以人口、耕地面积、生产总值、工农业产值作为影响指标,分析得到新疆水资源空间分布呈不均衡、不匹配状况;通过减法集对势分析出大部分子区域态势等级处于反(偏反)势。

b. 通过分析各个指标,明确了子区域水资源处于不均衡的原因。由于气候异常,加之耕地面积增加,使得所在区域水资源与耕地面积呈不均衡性;由于部分区域经济发展水平较高,吸引了大量人口聚集,导致水资源与人口间的不匹配;由于新疆农业用水占比过大,导致产业结构不合理,加剧了水资源与各行业间的不均衡性。

Spatially Balanced Evaluation of Water Resources in Xinjiang

ZHANG Yu-xiang^{1,2}, MU Zhen-xia^{1,2}, TIAN Xiao-jie^{1,2}

(1. College of Water Conservancy and Civil Engineering, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China;
2. Xinjiang Key Laboratory of Hydraulic Engineering Security and Water Disasters Prevention, Urumqi 830052, China)

Abstract: In order to make up for the shortcomings of the single Gini coefficient method in the evaluation of spatial equilibrium of water resources, it needs to systematically evaluate the matching relationship between water resources and social development. Selecting arable land area, population size, industrial and agricultural output value and gross product in Xinjiang as the indicators, which affects the carrying capacity of water resources, combination of correlation number method and Lorenz curves was used to quantitatively analyze the equilibrium between regional and sub-regional water resources and indicators. Five element subtractive set of potentials was adopted to identify the development of equilibrium of sub-regional water resources. The results show that the overall water balance in Xinjiang has been rising and then falling during 2011-2018, and is uneven from year to year. The analysis of the indicators shows that the water balance fluctuates between uneven and uneven. The analysis of the sub-regional water balance and trends shows that most areas are in an uneven and inverse state, and exacerbates the unevenness of water resources and identifies the targets for water balance regulation, which points out the direction for reasonable improvement of the balance of water resources.

Key words: spatial equilibrium of water resources; number of contacts; five element subtractive set pair potential; Gini coefficient

(上接第 84 页)

[3] 叶群, 计勇, 吴培军, 等. 河滩湿地对河道洪水影响的二维数值模拟[J]. 中国农村水利水电, 2020(6): 36-39, 45.
[4] 孙晓英, 张建涛, 张彤, 等. MIKE21 二维非恒定流模型在北京市延芳淀湿地洪水影响分析中的应用[J]. 水利水电技术, 2018, 49(1): 52-59.
[5] 夏冬梅, 张丹蓉, 谢东风, 等. 二维水动力模型在姚

参考文献:

[1] 徐新光. 联系系数方法在水资源空间均衡分析评价中的应用[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2021.
[2] 左其亭, 纪瓔芯, 韩春辉, 等. 基于 GIS 分析的水资源分布空间均衡计算方法及应用[J]. 水电能源科学, 2018, 36(6): 33-36.
[3] 宋建, 庄玮. 新疆水资源分布的空间匹配性分析——基于洛伦兹曲线和基尼系数[J]. 水利规划与设计, 2018(7): 60-63, 144.
[4] 陈金凤. 福建省水资源利用与经济发展匹配度分析[J]. 台湾农业探索, 2020(5): 20-26.
[5] 魏寿煜, 谢世友. 基于基尼系数和洛伦兹曲线的重庆市水资源空间匹配分析[J]. 中国农村水利水电, 2015(2): 56-59, 73.
[6] 金菊良, 孔令茹, 崔毅, 等. 基于五元半偏减法集对势的区域农业旱灾脆弱性评价[J]. 农业机械学报, 2022, 53(1): 340-348.

江大库船闸通航影响分析中的应用[J]. 水电能源科学, 2019, 37(7): 146-149, 98.

[6] 谢勇, 袁鹏, 王巧霞. 平面二维数学模型在桥梁工程防洪评价中的应用[J]. 水电能源科学, 2011, 29(4): 60-62.
[7] 刘丽红, 王雨蒙. 基于 MIKE21 模型的灵璧船闸对新汴河洪水影响分析[J]. 水利水电技术, 2019, 50(3): 103-109.

Flood Impact Analysis of Guotan Junction of Tanghe Navigation Project, a Tributary of Hanjiang River

REN Ze-yin^{1,2}, HU Feng^{1,2}, REN Xiao-lei¹, WANG Shou-yu¹

(1. Henan Province Agile Water Survey Design and Research Co., Ltd., Nanyang 473003, China;
2. Nanyang Water Conservancy Building Survey and Design Institute, Nanyang 473003, China)

Abstract: Regarding the impact of the construction of the Guotan Hub of the Tanghe Navigation Project on the flood control safety of the river channel, the design flood of Guotan Hub was calculated through measured flood data of hydrological stations and linear interpolation method. According to the measured cross sections and thalwegs over the years, the river channel scouring and silting evolution and evolution trend prediction were analyzed. The water surface profile of a river was calculated using the energy equation of a constant non-uniform gradient flow equation. The second-order RungeKutta method of a two-dimensional model was used to simulate the impact of construction projects on the flow field during river flood discharge. The results indicate that the Guotan Hub of the Tanghe Navigation Project has a relatively small impact on river flooding so that solved the technical problem of flood impact assessment for Guotan Shipping Hub, which provided reference for relevant departments.

Key words: Tanghe river shipping; Guotan Hydroproject; design flood; channel evolution; two-dimensional model analysis; flood impact