DOI:10.3880/j.issn.1003-9511.2018.03.007

中国居民膳食虚拟水消费的区域特征分析

刘淑彬[1],孙才志[2]

(1.辽宁师范大学城市与环境学院,辽宁 大连 116029;
2.辽宁师范大学海洋经济与可持续发展研究中心,辽宁 大连 116029)

摘要:结合信息熵、锡尔指数统计方法与空间数据分析方法,探讨中国膳食虚拟水消费的区域特征,得到主要结论:①东、中、西部的膳食虚拟水消费结构均衡度略有上升,东部地区的膳食虚拟水消费结构更趋多元化,中部次之、西部最低。②各类膳食虚拟水消费结构差异对地区差异的贡献份额基本稳定在一个数值上,且上下波动;东、中部地区植物性食物虚拟水消费的贡献份额呈下降的态势,西部反之,相比之下东、中、西部地区动物性食物虚拟水消费的贡献份额逐步增强。③根据冷热点区变化,发现中国膳食虚拟水消费的空间总体格局没有明显的跃迁,消费热点一直分布在东南沿海,而冷点区域同样在空间分布上表现出稳定的特征。

关键词:膳食虚拟水;信息熵;锡尔指数;区域特征;冷热点格局

中图分类号:TV213.4 **文献标识码**:A **文章编号**:1003-9511(2018)03-0029-06

粮食和水是影响新世纪我国经济和社会发展的两大战略资源,也是保障人类可持续发展的最基本支撑点[1]。2014 年中央一号文件将保障国家粮食安全放到首位,提出“以我为主、立足国内、确保产能、适度进口、科技支撑”的国家粮食安全战略[2];中国共产党第十九次全国代表大会报告更是旗帜鲜明地指出“确保国家粮食安全,把中国人的饭碗牢牢端在自己手中。实施食品安全战略,让人民吃得放心。”然而,干旱缺水和水污染已成为世界农业可持续发展和粮食安全保障的重要制约因素。水安全是粮食安全的基础,水资源短缺将直接导致粮食生产的波动,从而在源头上导致真正的粮食危机[3]。

虚拟水[4]概念的提出为解决粮食安全与水安全提供了新的视角。虚拟水是指生产商品和服务过程中消费的所有水资源数量[5]。膳食虚拟水消费概念更能直观反映水资源消耗与人类膳食消费模式的密切关系,虚拟水消费量代表维持一个国家或区域的人口基本食物需求所占用的水资源量[6]。参考相关学者的以往研究,虽然研究对象、方法、视角各异[7-10],但是对于膳食虚拟水消费结构的研究多以个别省份研究居多[11-15],然而中国地区间消费结构差异较大,因此有必要从空间视角对差异格局进行测度与分析。

鉴于此,笔者以人类首要消费品——食物为研究对象,采用虚拟水理念对中国 31 个省、市(自治区)膳食虚拟水消费量与消费结构进行计算与分析,运用信息熵理论对膳食虚拟水消费结构的均衡性与优势度进行分析,然后利用锡尔指数对膳食虚拟水消费结构空间差异进行分解,最后结合冷热点分析,对膳食虚拟水消费的空间集聚性及格局演变进行探讨,以期对各地区保障粮食安全与水安全提供决策依据。

1 研究方法与数据来源

1.1 膳食虚拟水消费量测算

虚拟水消费量的计算方法主要有 2 种[16]:①按照生产树法计算农产品虚拟水消费量,然后根据人们对农产品的消费量计算虚拟水消费量;②按照投入产出法计算农业部门的水资源直接消耗系数、间接消耗系数等,然后根据人们对农产品的消费量计算虚拟水消费量。笔者采用第一种方法计算农产品虚拟水消费量,公式如下:

$$V = \sum_{i}^{n} P_i V_i \tag{1}$$

作者简介:刘淑彬(1994—),女,硕士研究生,主要从事水资源经济与管理研究。E-mail: 1282389680@qq.com

通信作者:孙才志(1970—),男,教授,博士,主要从事水资源经济与海洋经济地理研究。E-mail:suncaizhi@lnnu.edu.cn

式中：V 为总的虚拟水消费量；P_i 为第 i 种产品的直接消费量；V_i 为第 i 种产品的虚拟水含量，笔者采用孙才志等[17]计算的数据（表 1）。需要注意的是农产品的虚拟水消费量会随着地区和生产条件的变化而变化。

表 1　食物产品的单位虚拟水含量

产品种类	虚拟水含量/($m^3 \cdot kg^{-1}$)
粮食	1.00
鲜菜	0.10
食用油	5.24
猪肉	6.70
牛羊肉	19.98
禽类	3.50
蛋类	3.55
水产品	5.00

1.2　膳食虚拟水消费结构的信息熵计算

信息熵是 1948 年美国数学家 Shannon 基于信息论提出的[18]，信息熵原是一个物理学的概念，用来测度系统的复杂性和均衡性[19]，目前，信息熵在城市领域的应用主要集中在用地结构的变化上[20]。笔者根据 Shannon 熵公式，构造虚拟水消费结构信息熵，通过计算各区域虚拟水消费信息熵值，来分析虚拟水消费结构的有序度或均衡度。

$$H = -\sum_{i}^{N} p_i \ln p_i \tag{2}$$

式中：H 为虚拟水消费结构的信息熵；N 为膳食消费种类，在文中主要指粮食、鲜菜、食油、猪肉、牛羊肉、家禽、蛋类、水产品；p_i 为第 i 种消费品的虚拟水消费量占总的虚拟水消费量的比例。此公式用来说明各类膳食虚拟水消费的多样性程度。

一般来说，当居民的生活水平较低时，往往会有一种膳食在消费结构中居于主导地位，信息熵值的大小反映了居民膳食虚拟水消费结构的多样化程度，而均衡度和优势度则描述了膳食虚拟水消费之间质量的差别和结构格局[21]。由此笔者引入均衡度和优势度的概念，对膳食虚拟水消费结构进行测度。基于信息熵函数，构建的均衡度公式如下：

$$J = \frac{H}{H_{\max}} = \frac{-\sum_{i}^{N} p_i \ln p_i}{\ln N} \tag{3}$$

式中：J 为均衡度，是实际膳食虚拟水消费结构信息熵值与最大熵值之比，J 的值越高，表明膳食虚拟水消费结构越趋近平衡；H 为信息熵，由于 $H \leqslant H_{\max}$，J 值变化在 0 ~ 1 之间，J 值越大，表明该区域膳食虚拟水消费系统的均衡性越强，$J = 1$ 时，膳食虚拟水消费类型达到理想平衡状态，与信息熵相比，均衡度的直观性和可比性均有所增强。基于均衡度的概念，构建出膳食虚拟水消费结构优势度的表达公式：$I = 1 - J$，反映区域内一种或几种膳食虚拟水消费的支配程度，与均衡度的意义相反。

1.3　锡尔指数空间差异分解

锡尔指数又称锡尔熵，最早由 Theil 于 1967 年提出[22]，用于定量描述经济发展、收入分配等均衡状况，其特点在于可以将数据按照一定的标准进行分组，并将区域总差异分解为组内和组间等多级差异，便于考察和揭示各级差异在总体差异中的重要性及影响。锡尔指数作为衡量区域差异的一个重要指标，在经济学领域已经得到了一定的应用[23-25]。笔者采用锡尔指数将膳食虚拟水消费的空间差异分解成两部分，即地区间的差异指标 L_1 和地区内部差异指标 L_2。空间总体差异指标 L_{theil} 为

$$L_{\text{theil}} = L_1 + L_2 \tag{4}$$

$$L_1 = f_e \ln\left(\frac{f_e}{v_e}\right) + f_m \ln\left(\frac{f_m}{v_m}\right) + f_w \ln\left(\frac{f_w}{v_w}\right) \tag{5}$$

$$L_2 = f_e L_E + f_m L_M + f_w L_W \tag{6}$$

$$L_E = \sum_{i=1}^{m} (f_i/f_e) \ln\left(\frac{f_i/f_e}{v_i/v_e}\right) \tag{7}$$

$$L_M = \sum_{i=1}^{m} (f_i/f_m) \ln\left(\frac{f_i/f_m}{v_i/v_m}\right) \tag{8}$$

$$L_W = \sum_{i=1}^{m} (f_i/f_w) \ln\left(\frac{f_i/f_w}{v_i/v_w}\right) \tag{9}$$

式中：L_E，L_M，L_W 分别为东、中、西部地区的锡尔指数；f_i 为第 i 省人口占全国总人口的比例；f_e，f_m，f_w 分别为东、中、西部地区人口占全国总人口的比例；v_i 为第 i 省膳食虚拟水消费占全国膳食虚拟水消费总量的比例；v_e，v_m，v_w 分别为东、中、西部膳食虚拟水消费占全国膳食虚拟水消费总量的比例。指数值越大，表明区域差异化程度越大；指数值越小，表明区域差异程度越小。

1.4　Getis-Ord G_i^*

Getis-Ord G_i^* 用以识别区域要素空间的高值簇与低值簇，即热点区与冷点区的空间分布格局[26-28]，其计算公式为

$$G_i^*(d) = \frac{\sum_{j=1}^{n} \boldsymbol{W}_{ij}(d) X_j}{\sum_{j=1}^{n} X_j} \tag{10}$$

式中：X_j 为属性特征 X 在空间单元 j 上的观测值；$\boldsymbol{W}_{ij}(d)$ 为采用临近标准构建的空间权重矩阵。

为了便于比较，通常对 $G_i^*(d)$ 进行标准化处理，即

$$Z(G_i^*) = \frac{G_i^* - E(G_i^*)}{\sqrt{\text{Var}(G_i^*)}} \tag{11}$$

式中：$E(G_i^*)$和 $\mathrm{Var}(G_i^*)$分别为 G_i^* 的期望值和方差；$Z(G_i^*)$的显著程度则用于识别不同区域热点与冷点的空间分布。如果 $Z(G_i^*)$为正且显著，表明单元 i 与周围区域的值相对较高（高于均值），表现为膳食虚拟水高消费集聚区（热点区）；反之，为负且显著，则说明位置 i 周围的值低于均值，属于膳食虚拟水低消费集聚区（冷点区）。

1.5 数据来源

鉴于数据获取的可靠性与完整性，笔者选取粮食、鲜菜、食用植物油、猪肉、牛羊肉、禽类、蛋类、水产品这 8 类食物产品，其消费数量来源于 2000—2015 年的《中国统计年鉴》《中国农业年鉴》等资料整理，其中文中所指的粮食是谷物、豆类和薯类的统称。统计年鉴中个别数据有缺失的，采用相邻年数值之和的均值。

2 结果分析

2.1 膳食虚拟水消费结构信息熵的时空分异规律

根据信息熵的计算公式，同时将全国分为东部、中部、西部三大区域，并取 2000、2005、2010、2015 年的数据来考察分析，具体计算结果见表 2。由表 2 可知：①从时间序列来分析，研究期内东、中、西部的膳食虚拟水消费结构均衡度与信息熵变化趋势一致，始末两期相比，略有上升，而优势度变化趋势则相反，说明在研究期内，膳食虚拟水消费结构的均衡性有所增强，单一消费类型的优势度有所降低，东、中、西部的膳食虚拟水消费结构朝无序方向发展。②从区域来看，2015 年东、中、西部的膳食虚拟水消费结构信息熵分别为 1.88、1.84 和 1.76，自西向东逐渐增加，这说明东部地区的膳食虚拟水消费结构更趋多元化；信息熵值的高低分布与消费结构优势度的分布存在空间耦合，即东部信息熵值最高为 1.88，优势度最低为 0.09，表明膳食虚拟水消费结构的有序性并非传统意义上的各种消费类型均衡带来的有序性，而是在一种或几种主导的优势消费类型下，其他消费类型的各自均衡带来的相对有序。

东部地区的信息熵值最高，膳食虚拟水消费结构趋向均衡化，这主要是由于人们的生活水平和收入水平均较高，2015 年人均可支配收入 2.8 万元，远高于全国平均收入 2.2 万元，人们消费能力高，恩格尔系数下降快，消费结构不断提升，虚拟水消费多样性指数高，造成了该地区消费结构优势度低；中部地区的膳食虚拟水消费结构信息熵值、均衡度较高，优势度较低，中部大多数省份作为粮食生产重点地区，农业人口最集中，由于人们的工作性质等原因，对粮食等种植业产品的消费量较大，且收入水平和消费水平仍然处于中等水平，会考虑食物产品价格的合理性和食物产品的质量与营养状况，所以对收入弹性系数高、具有奢侈品性质的动物类食物产品的需求不稳定，导致了该地区消费结构优势度不明显；西部地区城市化水平低，居民的自给性消费仍占一定比重，食品消费方式还处在“生存型”，人们的消费内容单一，主要满足其饱腹感的需求，以植物性素食为主的食品消费模式是该地区优势度较突出、均衡度低的主要原因。

2.2 膳食虚拟水消费结构的区域差异

由上述分析可知，东、中、西部因资源禀赋、产业结构、技术水平、膳食习惯等原因，膳食虚拟水消费结构存在很大空间差异，为了解区域差异的来源与构成，根据锡尔指数具有地区构成分解的特性，对我国的区域总体差异进行空间分解，进一步了解我国东、中、西部三大地区的膳食虚拟水消费差异及其各自区域内部的差异（表 3）。

表 2 中国膳食虚拟水消费结构及其信息熵、均衡度和优势度

地区	年份	消费结构/%								信息熵	均衡度	优势度
		粮食	鲜菜	食用油	猪肉	牛羊肉	家禽	蛋类	水产品			
东部	2000	37.33	2.40	8.32	21.02	7.70	3.79	7.29	12.14	1.76	0.85	0.15
	2005	29.67	2.24	8.64	23.83	9.36	5.52	6.81	13.94	1.84	0.88	0.12
	2010	25.89	2.12	8.45	24.13	9.91	6.36	6.76	16.39	1.87	0.90	0.10
	2015	23.15	1.85	9.89	25.05	10.32	6.42	7.30	16.01	1.88	0.91	0.09
中部	2000	47.98	2.74	9.43	18.43	7.24	2.29	6.18	5.71	1.60	0.77	0.23
	2005	38.79	2.66	9.16	22.58	9.65	3.72	6.19	7.25	1.73	0.83	0.17
	2010	33.94	2.54	9.57	23.33	10.72	4.46	6.57	8.88	1.80	0.86	0.14
	2015	28.56	2.01	11.77	24.56	11.71	4.86	7.24	9.30	1.84	0.89	0.11
西部	2000	44.62	2.61	8.05	27.56	8.39	2.60	3.27	2.90	1.53	0.74	0.26
	2005	36.60	2.45	7.42	32.14	10.35	4.19	3.37	3.49	1.62	0.78	0.22
	2010	32.63	2.33	7.72	31.89	11.60	5.37	3.75	4.71	1.69	0.81	0.19
	2015	27.80	1.94	10.06	30.90	13.65	5.78	4.72	5.15	1.76	0.85	0.15

注：东部地区包括北京、天津、河北、辽宁、山东、江苏、上海、浙江、福建、广东和海南 11 个省（市）；中部地区包括湖北、湖南、吉林、江西、安徽、黑龙江、河南和山西 8 个省；西部地区包括重庆、四川、贵州、云南、广西、陕西、甘肃、青海、宁夏、西藏、新疆和内蒙古 12 个省（市、自治区）。

表 3　中国膳食虚拟水消费结构的区域差异变化

年份	消费产品	东部		中部		西部		L_1	贡献率	L_2	贡献率
		L_E	贡献率	L_M	贡献率	L_W	贡献率				
2000	粮食	0.012	0.61	0.005	0.26	0.003	0.13	0.007	0.63	0.004	0.37
	鲜菜	0.021	0.25	0.021	0.26	0.040	0.49	0.026	0.97	0.001	0.03
	食用油	0.012	0.22	0.029	0.55	0.012	0.23	0.018	0.92	0.002	0.08
	猪肉	0.059	0.25	0.069	0.30	0.105	0.45	0.077	0.85	0.013	0.15
	牛羊肉	0.073	0.08	0.242	0.27	0.580	0.65	0.270	0.99	0.002	0.01
	家禽	0.168	0.39	0.077	0.18	0.186	0.43	0.148	0.83	0.031	0.17
	蛋类	0.068	0.41	0.046	0.27	0.052	0.31	0.058	0.56	0.045	0.44
	水产品	0.110	0.26	0.143	0.34	0.171	0.40	0.125	0.46	0.147	0.54
2005	粮食	0.009	0.50	0.004	0.22	0.005	0.28	0.006	0.57	0.005	0.43
	鲜菜	0.018	0.24	0.014	0.19	0.042	0.56	0.023	0.96	0.001	0.04
	食用油	0.007	0.12	0.025	0.44	0.025	0.44	0.017	0.91	0.002	0.09
	猪肉	0.052	0.22	0.073	0.31	0.112	0.47	0.078	0.83	0.016	0.17
	牛羊肉	0.067	0.08	0.244	0.28	0.556	0.64	0.264	0.99	0.002	0.01
	家禽	0.150	0.37	0.071	0.18	0.181	0.45	0.137	0.87	0.021	0.13
	蛋类	0.060	0.35	0.035	0.21	0.075	0.44	0.053	0.62	0.033	0.38
	水产品	0.097	0.23	0.133	0.32	0.190	0.45	0.116	0.47	0.130	0.53
2010	粮食	0.007	0.38	0.004	0.21	0.008	0.41	0.006	0.70	0.003	0.30
	鲜菜	0.014	0.25	0.012	0.22	0.028	0.52	0.017	0.99	0.000	0.01
	食用油	0.005	0.10	0.018	0.34	0.029	0.56	0.015	0.88	0.002	0.12
	猪肉	0.051	0.25	0.044	0.21	0.110	0.54	0.067	0.86	0.011	0.14
	牛羊肉	0.061	0.07	0.260	0.32	0.501	0.61	0.245	0.99	0.002	0.01
	家禽	0.147	0.40	0.064	0.17	0.157	0.43	0.128	0.86	0.022	0.14
	蛋类	0.055	0.39	0.033	0.23	0.053	0.38	0.047	0.62	0.029	0.38
	水产品	0.094	0.25	0.119	0.31	0.166	0.44	0.108	0.47	0.123	0.53
2015	粮食	0.003	0.25	0.003	0.20	0.008	0.55	0.004	0.61	0.003	0.39
	鲜菜	0.005	0.13	0.008	0.22	0.024	0.65	0.011	0.96	0.000	0.04
	食用油	0.009	0.14	0.022	0.34	0.034	0.52	0.020	0.98	0.000	0.02
	猪肉	0.048	0.23	0.048	0.23	0.111	0.53	0.067	0.89	0.009	0.11
	牛羊肉	0.051	0.06	0.209	0.26	0.544	0.68	0.251	0.97	0.008	0.03
	家禽	0.133	0.36	0.086	0.23	0.157	0.42	0.127	0.91	0.013	0.09
	蛋类	0.047	0.48	0.017	0.18	0.034	0.34	0.035	0.72	0.014	0.28
	水产品	0.087	0.23	0.117	0.31	0.169	0.45	0.105	0.52	0.095	0.48

由表 3 可知：

a. 我国膳食消费结构的地区间差异对总体差异贡献率要大于地区内差异，在 2015 年各类膳食消费结构中的地区间差异贡献份额中，鲜菜的贡献率最高为 96%，说明中、东、西 3 个地区之间鲜菜分布差异较大，即鲜菜分布较为集中；食用油、牛羊肉、家禽贡献分别高达 98%、97%、91%，空间分布较为集中；其次是猪肉、蛋类的贡献率也分别达到了 89%、72%；相比之下，粮食、水产品的贡献率相对较小，在空间分布上相对均匀。这表明，中国虚拟水消费结构的整体空间差异主要是由鲜菜、食用油、牛羊肉、家禽的地区间差异造成的。

b. 从各类膳食消费结构地区贡献份额的时序变化上看：①东部地区，粮食虚拟水消费贡献份额由 2000 年的 61% 减少到 2015 年的 25%，内部差异逐渐缩小；鲜菜虚拟水消费贡献份额稳中略降；食用油虚拟水消费贡献份额由 2000 年的 22% 减少到 2015 年的 14%；猪肉虚拟水消费贡献份额波动不大，基本稳定在 22% ~25%；牛羊肉的虚拟水消费贡献份额最小，基本在 7% 左右徘徊；家禽虚拟水消费贡献份额波动不大，由 2000 年的 39% 减少到 2015 年的 36%；蛋类虚拟水消费贡献份额由 2000 年的 41% 增加到 2015 年的 48%；水产品虚拟水消费贡献份额基本在 25% 左右波动。②中部地区，粮食虚拟水消费贡献份额由 2000 年的 26% 减少到 2015 年的 20%；鲜菜虚拟水消费贡献份额稳中略降；食用油虚拟水消费贡献份额由 2000 年的 55% 减少到 2015 年的 34%；猪肉虚拟水消费贡献份额相比东部地区波动较大，且有降低趋势；牛羊肉虚拟水消费贡献份额基本在 30% 左右波动；家禽虚拟水消费贡献份额稳中略升；蛋类虚拟水消费贡献份额有降低趋势，始末两年相比减少 9%；水产品虚拟水消费贡献份额基本在 30% 左右波动。③西部地区，粮食虚拟水消费贡献份额由 2000 年的 13% 增加到 2015 年的 55%，内部差异逐渐扩大；鲜菜虚拟水消费贡献份额由 2000 年的 49% 增长到 2015 年的 65%；食用油虚拟

水消费贡献份额由2000年的23%增长到2015年的52%;研究期间猪肉虚拟水消费贡献份额增加了8%,内部差异有所扩大;牛羊肉虚拟水消费贡献份额波动不大,基本稳定在65%;家禽虚拟水消费贡献份额在43%左右波动;蛋类虚拟水消费贡献份额先增加后减少;水产品虚拟水消费贡献份额也基本稳定在40%~45%之间。

c. 从各类膳食消费结构的地区差异对总差异的贡献率来看:①东部地区,在2000年粮食虚拟水消费对该地区差异贡献率最大,牛羊肉的贡献率最小;2005年保持该趋势;2010年和2015年对该地区差异贡献最大的分别为家禽和蛋类虚拟水消费。②中部地区,2000年食用油虚拟水消费对该地区差异贡献率最大,家禽的贡献率最小;2005年和2010年延续该趋势,到2015年蛋类虚拟水消费对该地区差异贡献最小。③西部地区,2000年牛羊肉虚拟水消费对该地区差异贡献最大,粮食对总差异贡献最小;2005年该趋势未变,蛋类虚水消费分别在2010年和2015年对该地区差异贡献最小。这也充分体现了膳食虚拟水消费结构的地区差异明显,在总体格局保持相对稳定的情况下,各种类型膳食虚拟水消费结构区域差异随时间波动变化。

综上可以看出:①无论是东部、中部、西部地区,各类膳食虚拟水消费贡献份额基本会围绕一个数值上下波动。主要是因为,膳食是人们的生活必需品,人们只有消费一定数量的膳食,从中摄取营养物质,才能从事社会工作活动。通常,农产品价格下降,则农产品需求量增加,但在一定范围内,价格的涨落对农产品消费需求量的影响程度并不大,因为农产品是消费者的生活必需品,消费者需求的热量、蛋白质、脂肪等植物营养素是有一定数量限度的,不会因为农产品价格浮动大幅度增加或减少消费量。当消费者收入增加,消费者往往不会再像低收入、低消费时那样来关心食物的价格,增减农产品的消费需求量,这就相对减弱了价格变动对需求量变动的影响作用。②东、中部地区植物性食物虚拟水消费的贡献份额呈下降态势,相比之下西部地区植物性食物虚拟水消费的贡献份额逐步增强。原因在于膳食结构的优化对粮食需求的影响是双重的,一方面,收入水平的提高使居民对粮食直接消费减少;另一方面,是居民对粮食的间接消费增加,主要表现在居民对动物性食物消费需求增加派生出饲料需求的大量增加。根据发达国家和地区居民食物消费演变规律,经济收入的增加会不断增加植物性食物消费数量,但达到一定的程度满足其饱腹感之后,则会逐渐增加肉禽蛋等动物性食物消费数量以满足其营养供给与消费偏好[29]。可以看出经济水平是影响膳食虚拟水消费的重要因素之一。

2.3 膳食虚拟水消费的空间演变格局

根据式(10)分别计算2000年、2005年、2010年、2015年中国膳食虚拟水消费的局部空间关联指数Getis-Ord G_i^*,得到各省各个时期的局部 G_i^* 统计量,根据Jenks的自然断裂法将其从低到高分成5类(冷点区域、次冷点区域、过渡区域、次热点区域、热点区域),生成中国膳食虚拟水消费空间格局的演化图(图1)。

由图1可以看出,从东南沿海向内陆地区形成了明显的热点和次热点区域—过渡区域—次冷点和冷点区域梯度发展态势,中国膳食虚拟水消费的分异集聚态势显著。从时间序列来看,虚拟水消费热点集聚与冷点集聚具有较高的稳定性。①2000年热点区域集中在东南沿海、河南、湖南、西藏等地区,次热点区域集中在中南部地区,次冷点区域集中分布在吉林、黑龙江、海南和甘肃等地,冷点区域集中在内蒙古、陕西、宁夏、新疆等区域。②2005年,西藏、福建、浙江地区由热点区域退为次热点区域,山西、安徽、江西、四川等地区由次热点区域退为过渡区,北京、天津、河北、辽宁等地区由过渡区退为次冷点区域,热点和次热点区域规模均缩小,次冷点区域进一步集聚,冷点区域未发生明显的升降状态。③2010年,热点区域和次热点区域再一次集聚,福建、浙江地区由次热点区域跃升为热点区域,山东、安徽、江西、广东等地由过渡区跃升为次热点区域,北京、天津、河北、辽宁等地区由次冷点区域跃升为过渡区,冷点地区内蒙古跃升为次冷点区域。④2015年热点区域再次收敛,集中于河南、湖南、上海、江苏4个地区,次热点区域(除山东省由次热点区域退为过渡区)未发生明显改变,次冷点区域和冷点区域分布规模与2005年的分布规模一致。

从始末两期冷热点分布情况可以看出,2000—2015年冷点区域没有发生变化,次冷点区域的省份增加个数最多,过渡区域、次热点区域和热点区域的省份个数都有不同程度的下降。表明各地区之间虚拟水消费水平差距有所缩小。2000年和2015年的冷点区域均集中在中西部地区,趋于稳定;2015年东部地区次冷点区域较2000年相比所占比重显著增加;东部地区次热点区域较2000年相比范围缩小,中西部范围进一步扩大;2015年东部热点区域范围进一步缩小,中部没有发生任何变化,西部热点区域所占比重缩减为0。可以看出东部地区膳食虚拟水消费水平高且集聚效应显著,主要原因:①我国东部沿海地区经济基础雄厚、资金比较充裕、市场经

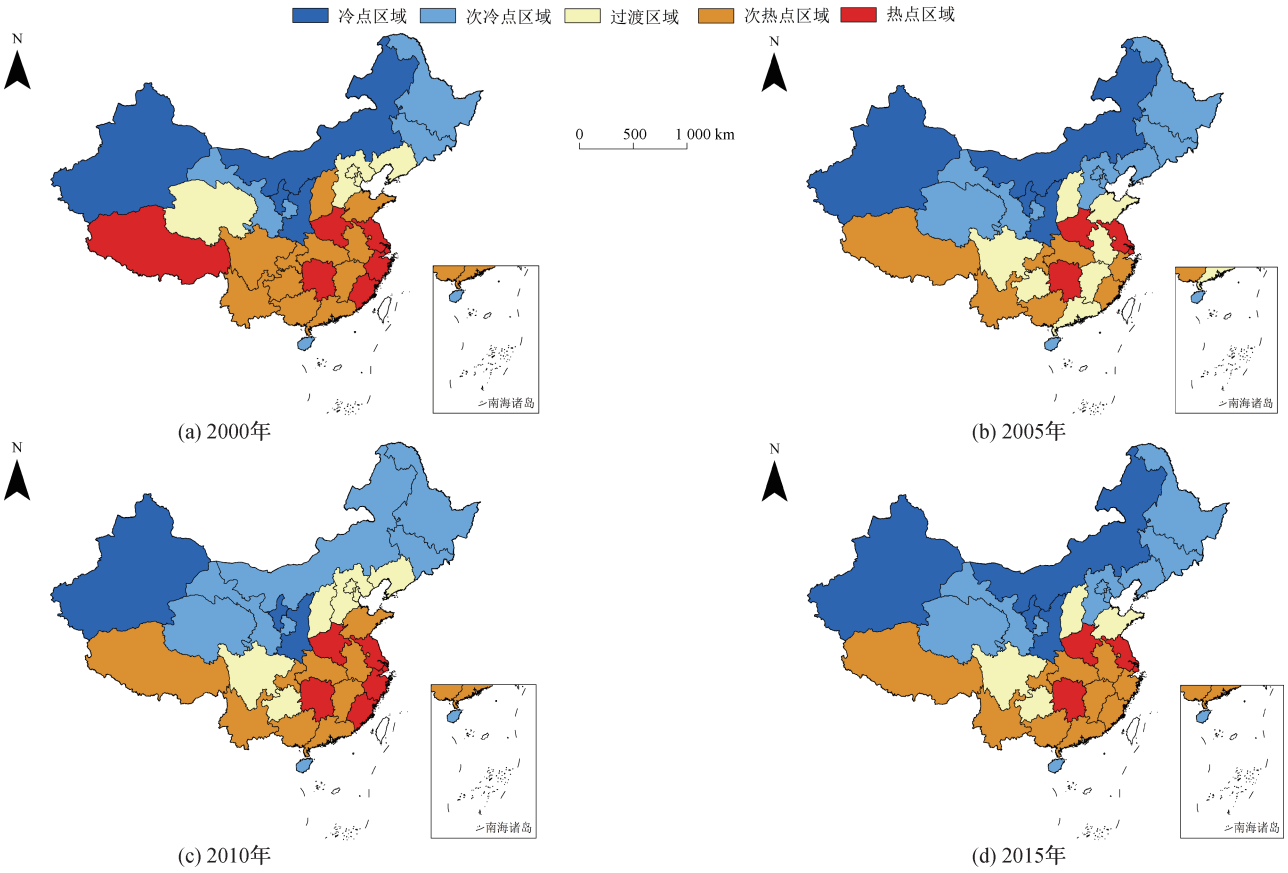

图 1　2000—2015 年中国膳食虚拟水消费的时空格局演变

济发育程度较高,市场体系越发达,服务体系越完善,使消费者节约时间,更好地实现其所期望的消费需求。根据研究,国内市场发育程度每提高 10%,肉类产品、水果和其他食物的消费将提高 3%,2.1% 和 1.9%。②随着东南沿海地区的开放程度加大,农村劳动力尤其是中西部地区的农村富余劳动力大批流入城市。人们由于居住地的改变,生活内容和消费习惯都会发生很大的改变,并随着工作的劳动强度和收入的变化,对虚拟水含量低的植物性食品消费就会下降,对虚拟水含量高的动物性食品消费需求将会增加。

3　结　论

笔者旨在从时间、空间视角探讨中国膳食虚拟水消费差异情况,利用信息熵、锡尔指数、Getis-Ord G_i^* 统计分析方法探究中国膳食虚拟水消费结构区域差异及时空演变特征。

a. 从信息熵、均衡度和优势度的值判断,2000—2015 年东部地区的膳食虚拟水消费结构更趋多元化;从时间演变过程来看,研究期内东、中、西部的膳食虚拟水消费结构均衡性有所增强,单一消费类型的优势度有所降低,东、中、西部的膳食虚拟水消费结构朝无序方向发展。

b. 利用锡尔指数对中国膳食虚拟水消费的地区差异进行了分析,结果显示,中国膳食虚拟水消费地区间差异是总差异的主要来源;东、中部植物性虚拟水消费差异对区域总差异贡献份额逐步减弱,动物性虚拟水消费差异对区域总差异贡献份额波动变化;西部地区的各类膳食虚拟水消费对区域总差异的贡献逐步扩大。

c. 中国膳食虚拟水消费的冷热点格局主要呈现从东南沿海向内陆地区的热点和次热点区域—过渡区域—次冷点和冷点区域梯度发展的态势。中国膳食虚拟水消费的分异集聚态势显著,虚拟水消费高水平集聚与低水平集聚具有一定的稳定性。

参考文献:

[1] 王贵作,虞玉成. 粮食安全政策对保障水安全的借鉴意义[J]. 水利发展研究,2011,11(4):24-27.
[2] 仇相玮,胡继连. 我国粮食安全视角下的农业用水保障战略研究[J]. 水利经济,2014,32(6):50-53,7.
[3] 康绍忠. 水安全与粮食安全[J]. 中国生态农业学报,2014,22(8):880-885.
[4] 田贵良. 虚拟水贸易影响水安全及粮食安全研究综述[J]. 河海大学学报(哲学社会科学版),2014,16(1):56-60,91.

(下转第 62 页)

2010(12):13-15,21.
[2] PERRIY S. Holistic government[M]. London: Demos, 1997.
[3] PERRIY S LEAT D, SELTZER K, et, al. Governing in the round: Strategies for holistic government[M]. London: Demos, 1999.
[4] 颜佳华,周万春. 整体性治理视角下的政府文化行政职能转型研究[J]. 学习论坛, 2012, 28(12):47-52.
[5] 林春丽. 我国公共管理与服务人才培养探索:基于整体性治理的视角[J]. 领导科学,2011(23):40-42.
[6] 赵茜. 论我国地方政府部门间关系的协调与整合:整体性治理理论视角[D]. 北京:首都经济贸易大学,2013.
[7] DUNLEAVY P, MARGETTS H, BASTOW S, et al. New public management is dead: Long live digital-era governance[J]. Journal of public administration research and theory, 2006, 16(3): 467-494.
[8] 赵晨光. 我国跨域公共危机治理的政策碎片化问题研究:基于整体性治理的视角[J]. 长春师范大学学报(社会科学版),2017,36(1):38-41.
[9] 竺乾威. 从新公共管理到整体性治理[J]. 中国行政管理, 2008(10):52-58.
[10] 任维德,乔德中. 城市群内府际关系协调的治理逻辑:基于整体性治理[J]. 内蒙古师范大学学报(哲学社会科学版),2011,40(2):50-55.
[11] 韩兆柱,杨洋. 整体性治理理论研究及应用[J]. 教学与研究,2013(6):80-86.
[12] 刘聚涛,万怡国,许小华,等. 江西省河长制实施现状及其建议[J]. 中国水利,2016(18):51-53.
[13] PERRIY S, LEAT D, SETZLER K. Towards holistic governance: The new reform agenda[M]. New York: Palgrave, 2002: 29.
[14] 任敏. "河长制":一个中国政府流域治理跨部门协同的样本研究[J]. 北京行政学院学报,2015(3):25-31.
[15] 曾凡军. 基于整体性治理的政府组织协调机制研究[D]. 武汉:武汉大学,2010.
[16] 王书明,蔡萌萌. 基于新制度经济学视角的"河长制"评析[J]. 中国人口·资源与环境,2011,21(9):8-13.
[17] 王勇. 水环境治理"河长制"的悖论及其化解[J]. 西部法学评论,2015(3):1-9.

(收稿日期:2017-07-31 编辑:陈玉国)

(上接第 34 页)

[5] ALLAN J A. Fortunately there are substitutes for water otherwise our hydro-political futures would be impossible[C]//Priorities for Water Resources Allocation and Management, London: ODA, 1993:13-26.
[6] 吴燕,王效科,逯非. 北京市居民食物消耗生态足迹和水足迹[J]. 资源科学,2011,33(6):1145-1152.
[7] 田贵良,吴茜. 居民畜产品消费增长对农业用水量的影响[J]. 中国人口·资源与环境,2014,24(5):109-115.
[8] 邓光耀,刘红梅,王克强. 中国农产品虚拟水消费的收敛性研究:基于空间面板模型的分析[J]. 农业技术经济,2015,(4):36-44.
[9] 刘红梅,邓光耀,王克强. 中国农产品虚拟水消费的影响因素分析:基于省级数据的动态空间面板 STIRPAT 模型[J]. 中国农村经济,2013(8):15-28.
[10] 赵旭,杨志峰,陈彬. 基于投入产出分析技术的中国虚拟水贸易及消费研究[J]. 自然资源学报,2009,24(2):286-294.
[11] 袁野,胡聃. 北京市食物消费虚拟水含量研究[J]. 环境科学与技术,2011,34(S1):399-403.
[12] 杨雅雪,赵旭,杨井. 新疆虚拟水和水足迹的核算及其影响分析[J]. 中国人口·资源与环境,2015,25(S1):228-232.
[13] 何开为,张代青,侯璠,等. 云南省城乡居民膳食消费的水足迹计算及评价[J]. 水资源保护,2015,31(5):114-118.
[14] 陈亮,闫彦. 虚拟水消费与浙江农业水资源配置优先序研究[J]. 节水灌溉,2010(7):34-36.
[15] 畅利毛. 基于产业结构优化的鄂尔多斯市虚拟水计算分析[J]. 中国农村水利水电,2016(9):216-220.
[16] 孙才志,刘淑彬. 基于虚拟水视角的中国城乡居民消费特征分析[J]. 水利经济,2017,35(4):1-6.
[17] 孙才志,陈栓,赵良仕. 基于 ESDA 的中国省际水足迹强度的空间关联格局分析[J]. 自然资源学报,2013,28(4):571-582.
[18] COULTER J E, LEI S, JENKINS S. Environment as the stage for economic actors[J]. Chinese Journal of Population, Resources and Environment, 2007, 5(1):3-8.
[19] 曾忠平,裴韬,彭兰霞. 武汉南湖区土地利用结构信息熵与湖泊形态变化分形分析[J]. 资源科学,2008(7):1061-1067.
[20] 周子英,段建南,梁春凤. 长沙市土地利用结构信息熵时空变化研究[J]. 经济地理,2012,32(4):124-129.
[21] 耿海青,谷树忠,国冬梅. 基于信息熵的城市居民家庭能源消费结构演变分析:以无锡市为例[J]. 自然资源学报,2004(2):257-262.
[22] 王贞超,李满春,李飞雪. 基于锡尔指数的区域土地利用时空分布特征:以常州市为例[J]. 长江流域资源与环境,2012,21(8):951-957.
[23] 汤琰,凌亢. 基于锡尔系数的江苏省区域经济差异分析[J]. 南京财经大学学报,2007(4):9-12.
[24] 陈利,朱喜钢,李小虎. 云南省区域经济差异时空演变特征[J]. 经济地理,2014,34(8):15-22.
[25] HONG X, ZENG J X. The study of regional economic differences in poyang lake basin[J]. Economic Geography, 2012,5(6):403-411.
[26] 齐元静,杨宇,金凤君. 中国经济发展阶段及其时空格局演变特征[J]. 地理学报,2013,68(4):517-531.
[27] 李在军,管卫华,蒲英霞,等. 山东省旅游经济的时空演变格局探究[J]. 经济地理,2013,33(7):176-181.
[28] 王钊,杨山. 多中心城市区域城市蔓延冷热点格局及演化:以苏锡常地区为例[J]. 经济地理,2015,35(7):59-65.
[29] 曹志宏. 基于谷物当量的中国居民食物消费变化及其对农业生产需求分析[J]. 资源科学,2013,35(11):2181-2187.

(收稿日期:2017-10-26 编辑:方宇彤)