

An Assessment Model of Internal and Interstate Energy Consumption of the United States

Xuanlin Chen¹, Kexin Zhu¹, Tao Luo¹, Fang Wang^{1,2*}

¹College of Science, Hunan Agricultural University, Changsha Hunan

²Agricultural Mathematical Model and Data Process Center, Hunan Agricultural University, Changsha Hunan

Email: *topwang619@163.com

Received: Jul. 11th, 2018; accepted: Jul. 25th, 2018; published: Aug. 2nd, 2018

Abstract

Based on the official data of Energy Information Administration, firstly, we analyze the energy consumption of four industries from 1960 to 2009 in California, Arizona, Texas, and New Mexico from the perspective of static and dynamic, respectively. The result shows that energy consumption structure trends of the four states are basically similar. Secondly, based on the features of the states, an intra-state assessment model is proposed by using the correlation degree assessment method and TOPSIS method, which is used to measure the energy use of the states from 1960 to 2009. Finally, we propose an interstate assessment model to adapt to the development trend of the interstate alliance. Model test shows that it is necessary for the four states to sign an energy agreement for the Intercontinental Union.

Keywords

Energy Structure, Energy Agreement, Correlation Degree Assessment, TOPSIS

美国州内与州际能源消耗评价模型

陈宣霖¹, 朱可馨¹, 罗涛¹, 王访^{1,2*}

¹湖南农业大学理学院, 湖南 长沙

²湖南农业大学农业数学建模与数据处理中心, 湖南 长沙

Email: *topwang619@163.com

收稿日期: 2018年7月11日; 录用日期: 2018年7月25日; 发布日期: 2018年8月2日

*通讯作者。

摘要

基于美国能源信息署官网数据, 本文首先从静态和动态的角度分析了1960年至2009年加利福尼亚州, 亚利桑那州, 德克萨斯州和新墨西哥州四个行业的能源消耗情况, 结果显示四个州的能源消费结构趋势基本相似。然后, 利用关联度评估方法与TOPSIS综合评价法提出一种基于各州指标特征的州内评估模型, 用来衡量各州从1960年到2009年的能源使用情况。最后, 提出了一个州际评估模型, 以适应州际联盟的发展趋势。模型检验显示, 四个州有必要签订能源协定进行州际联盟。

关键词

能源结构, 能源协定, 关联度评价, 优劣解距离法

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

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

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



Open Access

1. 引言

21世纪以来, 越来越多的国家将能源使用的效率视为实现经济可持续发展的重要途径。正如欧洲能源委员会所说的那样, “从长远来看, 可再生能源将不可避免地在世界能源市场上占据主导地位, 我们别无选择[1]。”自20世纪70年代初以来, 许多州长都在关注增加和推广使用清洁能源和可再生能源。美国的三个能源政策法案在1992年, 2005年和2007年达到顶峰[2]。但是, 美国的能源状况因州而异, 在新能源发展过程中, 能源消费结构是否合理是衡量一个国家和地区经济发展水平的重要指标, 也是衡量一个国家经济发展是否可持续的重要指标[3]。张湘宁[4]指出, 目前美国仍处于新能源时代的过渡期, 石油和天然气在能源结构中仍占有重要地位。面对国际社会日益增长的能源保护压力, 美国政府还有很长的路要走。因此, 能源仍是今天美国政府工作清单中的优先事项之一。能源综合分析模型在评估近期能源消费结构中越来越重要。未来的能源预测将更有利于对当前能源结构调整做出决策。董治堂[5]对美国的能源消费, 储蓄和替代能源发现情况进行了研究。指出美国政府发展和推广替代能源是明智的行为。高静[6]分析了美国新能源政策的特点, 认为其主要特点是发展清洁能源, 减少对化石能源的依赖, 改善能源结构。

针对以上研究, 本文从静态与动态两方面分析了1960~2009年美国加利福尼亚州, 亚利桑那州, 德克萨斯州和新墨西哥州的能源数据。利用关联度评估方法和与TOPSIS综合评价法来提出了州内和州际的两种能源评估模型。模型测试结果显示, 这四个州签订能源协定后能源使用效果会表现的更好。

2. 方法与数据来源

2.1. 关联度方法

为了简化观察四态能量分布演化的过程, 选择了一些有代表性的指标来反映积分条件。根据参考文献[7], 我们将能源结构分为三个主要部分, 即供需关系, 可再生能源利用率和经济效益。基于三个一级指标体系, 本文考虑了来自给定605个变量的15个变量。另外, 定义从数据集中提取的另外两个指标。

表 1 中列出的 17 个指标是二级指标,是能源结构评估的基础。为了过滤出更具代表性的指标,对这 17 个二级指标体系进行相关性分析。

考虑到能源概况的发展趋势可能具有非线性性,采用关联度方法[8] [9] [10]。它提供了一个量化的系统演变过程,适合于动态过程分析。

第一步:把可再生能源生产 $\{X_1(j)\}$ 作为参考序列,定义一个由 50 个元素组成的向量,如下所示:

$$X_1 = \{X_1(1), X_1(2), \dots, X_1(50)\}. \quad (1)$$

其余 16 个二级指标作为比较序列:

$$X_i = \{X_i(1), X_i(2), \dots, X_i(50)\}, i = 2, \dots, 17. \quad (2)$$

第二步:归一化

$$X'_i(j) = \frac{X_i(j)}{\max\{X_i(1), X_i(2), \dots, X_i(50)\}}, i = 1, 2, \dots, 17; j = 1, 2, \dots, 50. \quad (3)$$

根据上述过程,新序列 $\{X'_i(j)\}$ 是无量纲量。

第三步:计算参考序列和比较序列之间差异的最大值和最小值。

$$M = \max_i \max_k |X_i(j) - X'_1(j)|, i = 2, 3, \dots, 17; j = 1, 2, \dots, 50, \quad (4)$$

$$m = \min_i \min_k |X_i(j) - X'_1(j)|, i = 2, 3, \dots, 17; j = 1, 2, \dots, 50. \quad (5)$$

Table 1. Explanations of second-level indexes

表 1. 二级指标的解释

序号	符号	缩写	描述
1	$X_1(j)$	REPRB	第 j 年的可再生能源生产总量
2	$X_2(j)$	RETCB	第 j 年可再生能源消耗总量
3	$X_3(j)$	CLPRB	第 j 年煤炭的总生产量
4	$X_4(j)$	CLTCB	第 j 年煤炭的总消耗量
5	$X_5(j)$	PAPRB	第 j 年的原油生产总量
6	$X_6(j)$	PATCB	所有石油产品在第 j 年的总消耗量
7	$X_7(j)$	NGMPB	天然气在第 j 年生产量
8	$X_8(j)$	NGTCB	天然气在第 j 年的总消耗量
9	$X_9(j)$	TNSCB	第 j 年消耗的一次能源和电力总量。
10	$X_{10}(j)$	TETPV	第 j 年人均能源消费总额
11	$X_{11}(j)$	TEGDS	第 j 年能源支出占当期美元国内生产总值的比例
12	$X_{12}(j)$	GDPRV	第 j 年当期美元国内生产总值
13	$X_{13}(j)$	NUETB	第 j 年由核电产生的电力
14	$X_{14}(j)$	TEPRB	第 j 年的总发电量
15	$X_{15}(j)$	TETCB	第 j 年的总能源消耗
16	$X_{16}(j)$	PRECB ^a	第 j 年人均可再生能源消费量
17	$X_{17}(j)$	REURP ^b	第 j 年的可再生能源利用率

Tips: ^aIt is defined as the ratio of renewable energy total consumption to resident population (including Armed Forces) (PRECB = RETCB/TPOPP).

^bIt is defined as the ratio of renewable energy total consumption to total energy consumption (REURP = RETCB/TETCB). 注: ^a 定义为可再生能源消费总量与常住人口(包括武装部队)的比率。(PRECB = RETCB/TPOPP)。 ^b 它被定义为可再生能源总消费量与总能耗之比(REURP = RETCB/TETCB)。

相关系数为:

$$r_i(j) = \frac{m + \theta M}{|X'_i(j) - X'_1(j)| + \theta M}, i = 2, 3, \dots, 17, j = 1, 2, \dots, 50. \quad (6)$$

其中, θ 称为分辨率系数, 在范围(0,1)内(这里, 我们取 $\theta = 0.5$)。相关系数 $r_i(j)$ 描述了第 j 年 X_i 和 X_1 之间的相关程度。

第四步: 50 年的 $r_i(j)$ 平均值, 我们可以得到第 i 个指数的灰色关联度:

$$\varphi_{1,i} = \frac{1}{50} \sum_{j=1}^{50} r_i(j), i = 2, 3, \dots, 17 \quad (7)$$

第五步: 依次改变参考序列 $\{X_i(j)\}, i = 2, 3, \dots, 17$, 重复第三、四步, 即可得到 17 个二级指标的相关程度, 最终获得如下的相关度矩阵

$$C = \begin{pmatrix} \varphi_{1,1} & \cdots & \varphi_{1,j} & \cdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \varphi_{i,1} & \cdots & \varphi_{i,j} & \cdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \end{pmatrix}_{17 \times 17} \quad (8)$$

显然, 矩阵 C 对角线元素的值为 1。本文将可持续能源发展作为目标。就此而言, 我们将不可再生能源(如 PATCB, CLTCB)视为低质量指标。其他指标尽可能高, 符合可持续发展的观点。

2.2. TOPSIS 综合评价法

为了研究 1960~2007 年的能源动态发展, 我们采用 TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to an Ideal Solution)综合评价法[11] [12] [13]。该方法称为优劣解距离法, 可以很好地评估不同维度的指标体系。本文将可持续能源发展作为目标。将不可再生能源(如 PATCB, CLTCB)视为低质量指标, 其他指标尽可能高, 符合可持续发展的观点。

第一步: 统一指标量纲

运用该公式 $(\max_j \{X_i(j)\} / X_i(j))$ 统一指标量纲。

第二步: 指标归一化

$$Z_i(j) = \frac{X_i(j)}{\sqrt{\sum_{j=1}^{50} X_i(j)^2}}, j = 1, 2, \dots, 50 \quad (9)$$

第三步: 确定正向指标与负向指标

决策矩阵 Z 中的元素 $Z_i(j)$ 越大, 解决方案越好。然后通过以下公式得到最佳解决方案和最差解决方案:

$$Z^+ = (Z_1^+, Z_2^+, \dots) = \max_j \{Z_i(j)\}, \quad (10)$$

$$Z^- = (Z_1^-, Z_2^-, \dots) = \min_j \{Z_i(j)\}. \quad (11)$$

第四步: 计算每个解与正理想点之间的距离以及每个解与负理想点之间的距离。这里, 欧几里得范数被用作距离的度量。

$$S_j^+ = \sqrt{\sum_{i=1}^n (Z_i(j) - Z_i^+)^2}, j = 1, 2, \dots, 50, \quad (12)$$

$$S_j^- = \sqrt{\sum_{i=1}^5 (Z_i(j) - Z_i^-)^2}, j=1,2,\dots,50. \quad (13)$$

第五步：可行解与理想解的相对接近度定义如下

$$C_j = \frac{S_j^-}{S_j^- + S_j^+}, j=1,2,\dots,50. \quad (14)$$

C_j 在(0,1)的范围内, C_j 越大则评价对象的性能越好。在下面的过程中, 我们用 C_j 来评估四个研究国家在第 j 年的能源消费结构的表现。

2.3. 数据来源和假设

本文选取美国加利福尼亚州, 亚利桑那州, 德克萨斯州和新墨西哥州从 1960 年到 2009 年的 605 个能源相关指数作为研究对象, 数据来源于美国能源署[7]。为了简化模型过程, 本文做出以下假设:

- 1) 能源结构只包括地球上可用的能源;
- 2) 自然灾害和总体政策变化不会影响 50 年的能源结构;
- 3) 人均指标相对客观;
- 4) 科学技术不会影响能源生产;
- 5) 不可再生能源储备始终大于零。

3. 能源概况分析

3.1. 能量分布静态分析

根据美国能源署提供的公式[14], 得到总能源消耗的公式如下

$$\text{TETCB} = \text{TECCB} + \text{TEICB} + \text{TERCB} + \text{TEACB}$$

但是通过数据测试, 我们发现总能源消耗的构成可由如下公式表示:

$$\text{TETCB} = \text{PATCB} + \text{CLTCB} + \text{NGTCB} + \text{RETCB} + \text{NUETB}$$

本文从能源消耗类型和总量两个方面来分析这四个州的能源分配情况。能源消耗类型 E_1 包括商业、交通、住宅和生产四个部门的消耗总量。同样 E_1 也可以由核能, 石油, 天然气, 可再生能源, 电力的总消耗量组成。

$$E_1 = \begin{cases} \text{commerce} \\ \text{transportation} \\ \text{residential sectors} \\ \text{industrial sectors} \end{cases} E_1(\text{TETCB}) \begin{cases} \text{PATCB} \\ \text{CLTCB} \\ \text{NGTCB} \\ \text{RETCB} \\ \text{NUETB} \end{cases}$$

通常应用桑基图对能源和金融行业进行可视化数据分析。它的第一个和最后一个末端宽度总和相等的能量守恒。下面用桑基图分别描述了四个州的能源消费结构。为了简化建模过程, 我们只绘制了数据中 1960 年开始至 2009 年结束这段时期的能源构成, 如图 1 和图 4 所示。

从上述四个图中(图 1~4), 可以得到不同部门的能源总消耗情况和四个州的各种类型的能源消耗情况。

1) 加利福尼亚州工业部门能源消费总量的比例显著下降, 商业部门能源消费总量的比例有所增加。而加州主要消耗石油和天然气。从 20 世纪 70 年代开始, 加利福尼亚州增加了核能等清洁能源的使用比例, 同时降低了石油和天然气消费的比例。

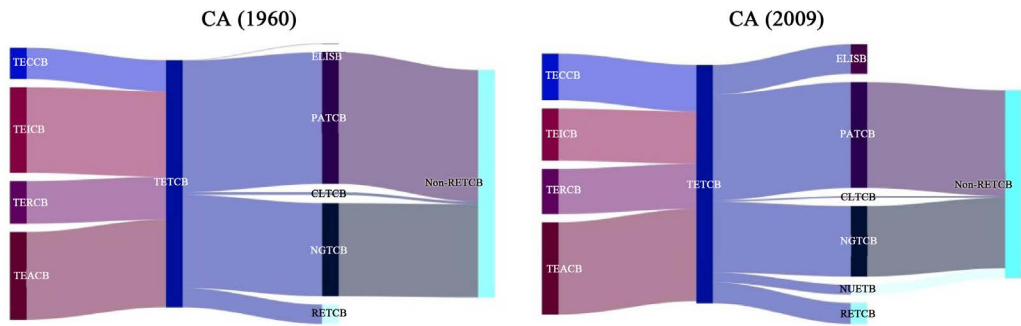


Figure 1. Sankey diagram of energy diversion for California in the year 1960 (left) and 2009 (right)
图 1. 加利福尼亚州桑吉图 1960 年(左)和 2009 年(右)

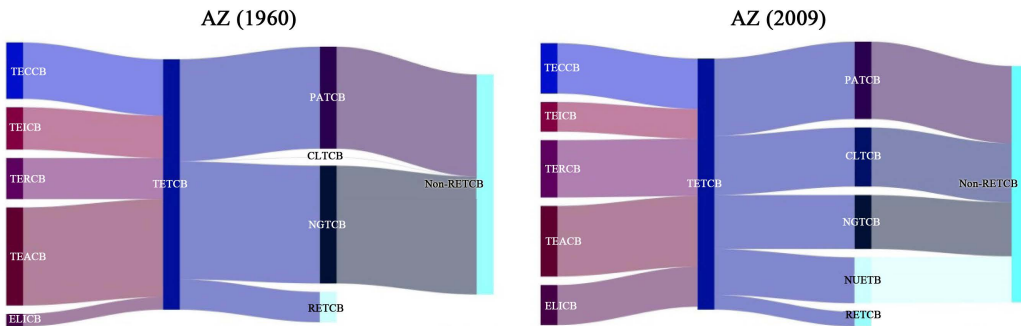


Figure 2. Sankey diagram of energy diversion for Arizona in the year 1960 (left) and 2009 (right)
图 2. 亚利桑那州桑吉图 1960 年(左)和 2009 年(右)

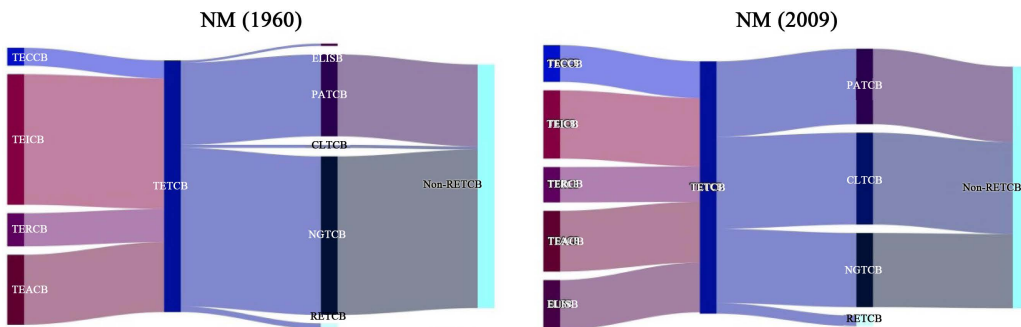


Figure 3. Sankey diagram of energy diversion for New Mexico in the year 1960 (left) and 2009 (right)
图 3. 新墨西哥州桑吉图 1960 年(左)和 2009 年(右)

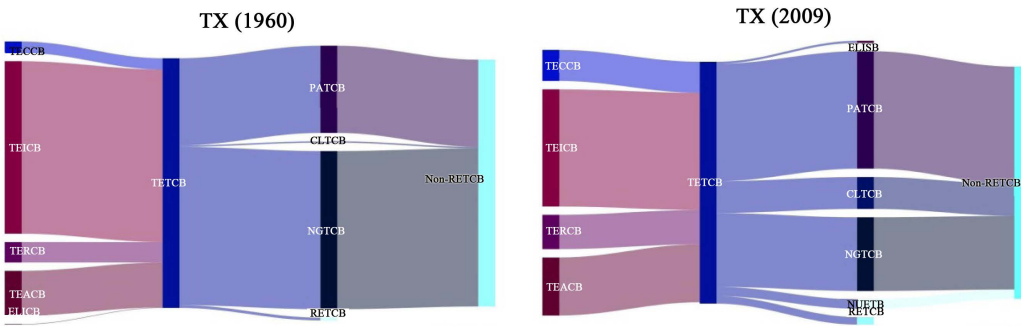


Figure 4. Sankey diagram of energy diversion for Texas in the year 1960 (left) and 2009 (right)
图 4. 得克萨斯州桑吉图 1960 年(左)和 2009 年(右)

2) 对于亚利桑那州, 1960 年交通运输部门的能源消耗占总数的大部分。然而, 2009 年各部门的能源配置更加平衡。从 1960 年到 2009 年期间, 石油和天然气的比例显著下降, 核能和煤炭消费的比例上升, 但其石油消费仍占主导地位。

3) 对于新墨西哥州, 1960 年工业部门的能源消耗占总数的大部分。然而, 2009 年各部门的能源分配更加平衡。1960 年, 天然气是新墨西哥州能源消费的支柱。2009 年, 天然气总消耗比例下降, 而煤炭总消耗比例上升。

4) 对于得克萨斯州, 无论是在 1960 年还是在 2009 年, 其工业部门的能源消耗仍然居各行业首位。1960 年, 其主要能源消费是天然气和石油。但是, 2009 年天然气消费比例下降。与此同时, 石油消费的比例在增加, 核能等清洁能源的比例也在增加。

3.2. 能量分布动态分析

然后, 我们继续考察 1960 年到 2009 年的每个能源消耗的变化以及州际电力销售和相关损失(ELISB), 如图 5 所示。

从图 5 可以看出:

1) 四个州在 1960 年至 2009 年之间都存在巨大的能源消费结构变化。具体来说, 核电消耗从零开始, 除新墨西哥州外, 所有州都逐渐发展了核能源。

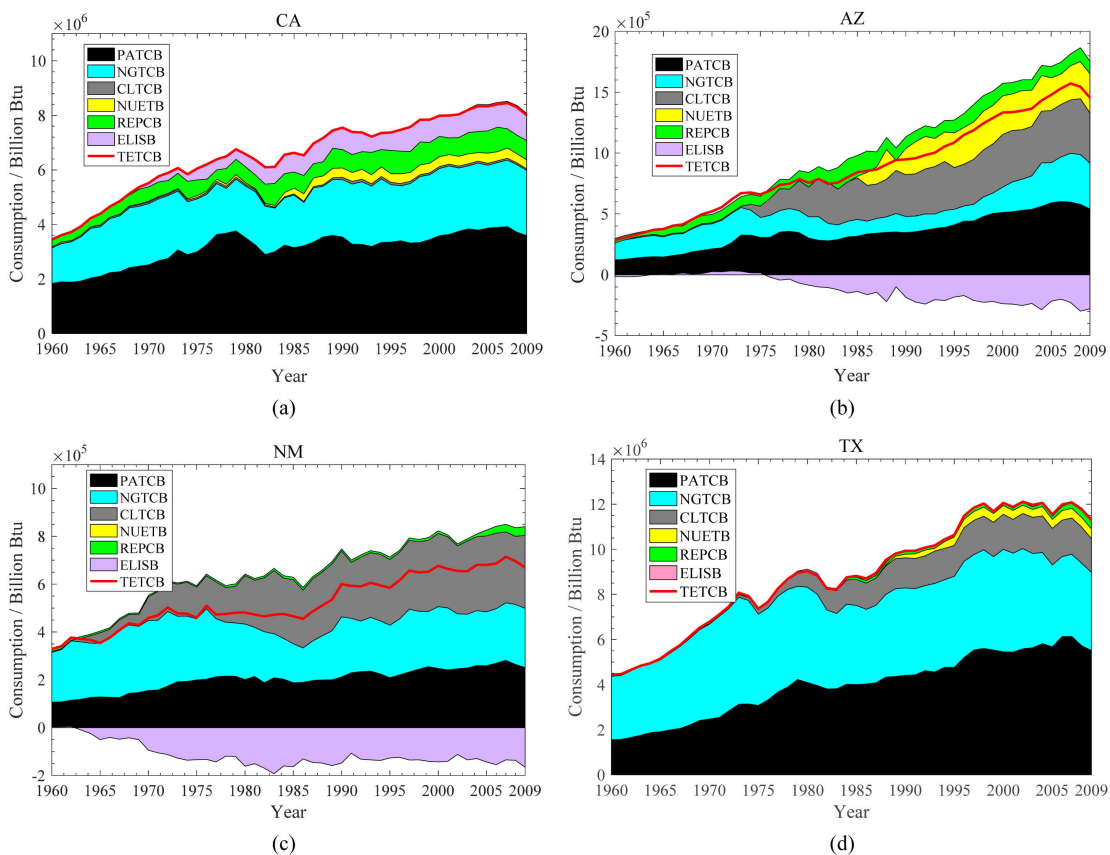


Figure 5. Changes in energy consumption (TETCB) and net interstate sales of electricity and associated losses (ELISB) from the year 1960 to 2009. (a) and (d) are for California, Arizona, New Mexico, and Texas, respectively

图 5. 从 1960 年到 2009 年, 能源消耗(TETCB)和州际电力及相关损失(ELISB)销售额的变化分别为加利福尼亚州, 亚利桑那州, 新墨西哥州和得克萨斯州

2) 对于加州来说,1960年和2009年的州际电力和相关损失净销售额(ELISB)均为负值。然而,ELISB与总能源消费的比率(TETCB)发生了很大变化。这意味着2009年加州的电力销售面临更大的损失。亚利桑那州的可再生能源消耗量逐渐增加(见图5(b)),但由于可再生能源消费量占能源消费总量的比例大幅下降,不可再生能源消费量大幅度增加。

3) 新墨西哥州的ELISB在50年内(从1960年到2009年)从正值变为负值,而德克萨斯州的情况正好相反。2009年的ELISB数据显示,新墨西哥州在50年后获得更多的电力销售盈余。

4) 四个州的总能量消耗逐渐增加(图5中的红色实线),但不单调。包括石油PATCB,NGTCB,CLTCB和NUETB的不可再生能源消耗在这四个州的总能耗中占据主导地位,尤其是新墨西哥州和德克萨斯州。

5) 相比之下,加州和亚利桑那州的清洁能源消耗大幅增加,如REPCB和NUETB,这意味着这两个州的能源结构已经发生了变化。然而,其他两个州的清洁能源消耗很少。亚利桑那州和新墨西哥州的ELISB均为负值,这表明这两个州的电力销售有盈余。

4. 能源评价模型

4.1. 州内评价模型的结果

使用多级灰度相关评估方法,我们获得每个州的相关矩阵;然后,采用前五个对系统中的每个指数影响最大的指数;再计算矩阵中出现的每个指数的频率。根据该矩阵,可得四个州的5~7个最有影响力的指标,如表2所示。

接着,利用TOPSIS方法分别对四个州的能源使用情况进行评价,如图6所示。

从图6中可以看出,TOPSIS对四个州的能源消费的可持续发展趋势均为正值,但曲线并非单调递增。可以得出一些有意义的结果:

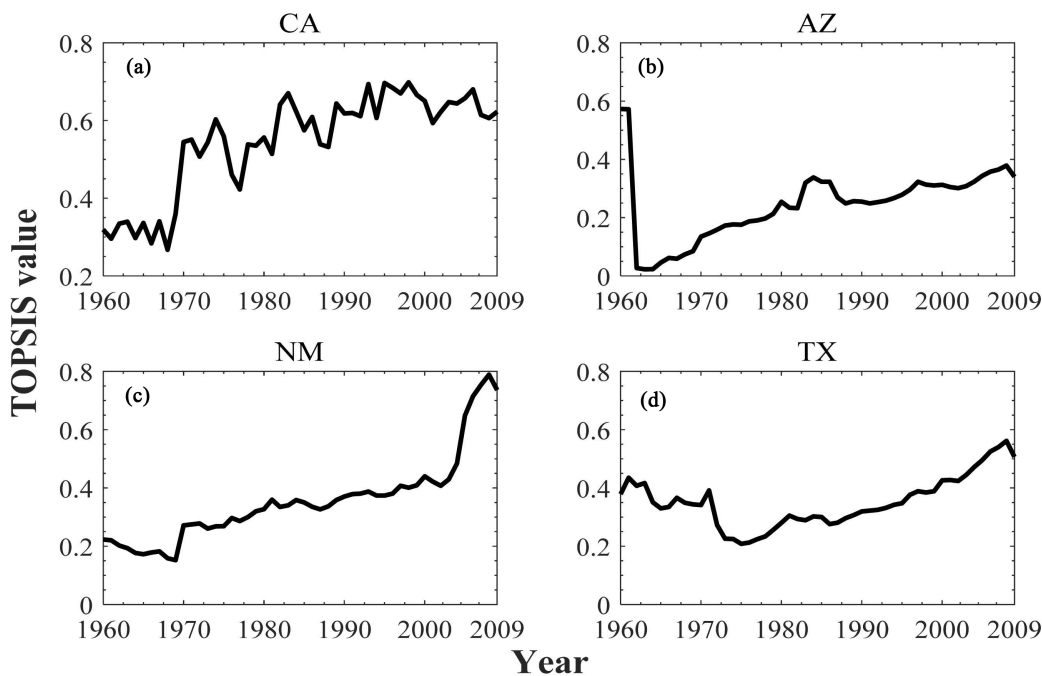


Figure 6. TOPSIS values of four states in the years 1960~2009. (a)~(d) denote California, Arizona, New Mexico, and Texas by using individualized indexes, respectively

图6. 1960年至2009年四个州的TOPSIS值。(a)~(d)分别表示加利福尼亚州,亚利桑那州,新墨西哥州和德克萨斯州的个体化指数

Table 2. Selected most influential indexes for the four studied states
表 2. 四个州的最有影响力的指标

State	Selected most influential indexes						
频率排名	1	2	3	4	4	4	4
CA	TETCB	REPRB	PATCB	TNSCB	REURP		
AZ	TNSCB	CLTCB	TETCB	REPRB	RETCB	TETPV	
NM	PATCB	TNSCB	RETCB	TETPV	TEPRB	TETCB	
TX	TETPV	PATCB	CLTCB	NGMPB	TNSCB	GDPRV	TETCB

1) 对于加利福尼亚州来说, 60 年代 TOPSIS 值相对较低。然而, 1970 年出现上涨, 此后该值接近较高水平, 这是因为政府逐渐重视清洁能源的使用。同时, 石油工业在能源消费中占据主要地位, 这可能抵消了可再生能源的优势, 导致了 1970~2009 年间的剧烈波动。一个有趣的发现是, 由于电力销售的巨大损失, TOPSIS 值在 2000~2001 年间骤降, 这与加州 2000 年 6 月爆发了二战后美国最大的电力危机这一事实相吻合[15]。

2) 亚利桑那州 1960 年的 TOPSIS 值非常高, 但从 1961 年起出现了暴跌。这是因为 1960 年煤炭消耗量很少(约 200 亿 BTU), 但在 1961 年其消耗总量相对于 1960 年已经扩大了 30 倍。因此, 这种不可再生能源消耗的增加损害了能源结构, 降低了 TOPSIS 值。

3) 新墨西哥州有一个相对稳定的时期(1960~2000 年)。这表明 41 年来该州能源利用效率稳定。然而, 这一时期的 TOPSIS 值相对较低, 这是由于能源开发高度依赖于石油产品消费和煤炭消费。然而, 过去 10 年 TOPSIS 价值的大幅放大, 受益于能源消费结构的调整, 即可再生能源在能源消费总量中的比重逐渐增加。

4) 20 世纪 70 年代, 得克萨斯州的 TOPSIS 值出现了下滑, 这是由于煤炭的过度消耗造成的。然而, 从 1978 年开始, 通过减少煤炭能源消耗, 能源消费结构得到改善。

4.2. 州际评价模型的结果

州内能源评估模型具有各州的代表性指标, 可用于各州对能源生产和使用进行公平评估。但是, 如果我们想为州际联盟的每个州制定一个统一的标准, 则不适合进行评估。通过表 2 得到的指标可以发现: 四个州有几个共同的指标。因此, 我们选取各州各指标频数最高的四个指标作为州际间的公共评价指标, 即 PATCB, TNSCB, TETPV 和 TETCB。

通过上述指标使用顶层法得到的上限值反映了 1960 年至 2009 年四个州的能源配置情况。为了进一步研究四个州之间的相似性和差异。我们对四个公共指标进行 TOPSIS 方法分析, 结果如图 7 所示。

从图 7 可知四个州的能源消费结构趋势相似。都大致经历三个阶段, 即 1960~1970、1971~2001 和 2002~2009。在第一阶段, 由于能源开发过度依赖石油产品消费和一次能源和电力消耗, TOPSIS 价值都下降。1970 年 4 月 22 日, 超过 2000 万人游行示威抗议环境破坏[16]。同时, 石油和天然气产量正在下降[17]。因此, 1971 年以后, 四国政府认识到发展可再生能源的重要性, 这使得 1971~2001 年期间能源消费结构正在好转。2001 年以后, 各国政府正在进一步明确低碳节能减排措施。因此, 2002~2008 年期间的放大幅度更大。然而, 在 2008~2009 年, 次贷危机[18]横扫美国, 降低了人均能源支出(TETPV)。

在前 10 年, 加利福尼亚州 TOPSIS 价值表现最差, 然而, 它在 1970 年以后逐渐好转, 优于其他三个州, 这说明加利福尼亚州的能源消费结构转型是最成功的。相比之下, 亚利桑那州和得克萨斯州在 20 世纪 60 年代的 TOPSIS 值相对较高, 但能源消费结构比 1970 年后的其他两个州都差。

4.3. 模型检验

从图 6 和图 7 所示的 TOPSIS 分析可得四个州之间的差异和相似性。一个很自然的问题是：是否有必要为四个州制定能源契约？为此，本文比较契约之前和之后的四个州的平均 TOPSIS 值。前者的 TOPSIS 值是由每个州的自身的指标计算出来的，后者是从四个公共指标中得到的，如图 8 所示。正如预期的那样，TOPSIS 价值平均值的更好表现来自基于公共指标的，这表明如果考虑公共指标，这四个国家的能源结构将会得到改善。这一发现也表明，有必要在四州之间形成能源契约。

5. 结语

本文选择 1960 年和 2009 年两年绘制能源结构的桑吉图。从静态的角度分析了四个州四个行业的能源消耗情况，并比较了这两年主要能源的不同能源消耗情况。然后，从动态角度分析 1960 年至 2009 年四个州的主要能源消费变化。通过对能源消费的分析，发现人口、气候、经济、地理位置等不同状况会导致各州能源消耗的不同。因此，本文提出了一种基于州内指标特征的州内评估模型。这样，每个州都可以找到合适该州的评估指标。然而，由于指标不一致，州内评估模型的结果不允许州际之间的比较。因此，我们以四个公共指标提出了一个州际评估模型，以适应州际联盟的发展趋势。模型检验结果显示，州际评价模型更适合能源协定后各州评价。

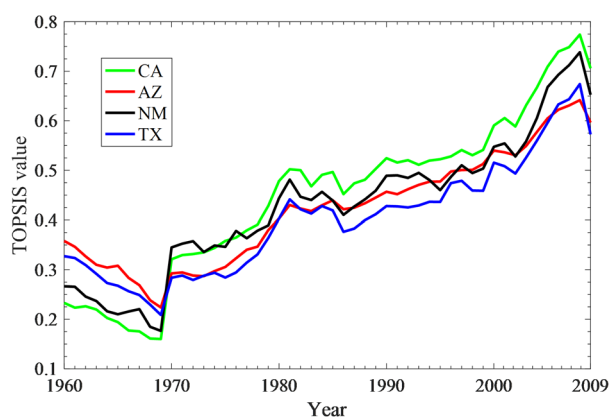


Figure 7. TOPSIS value of four states calculated by using four public index
图 7. 通过四个公共指标得到的四个州的 TOPSIS 值

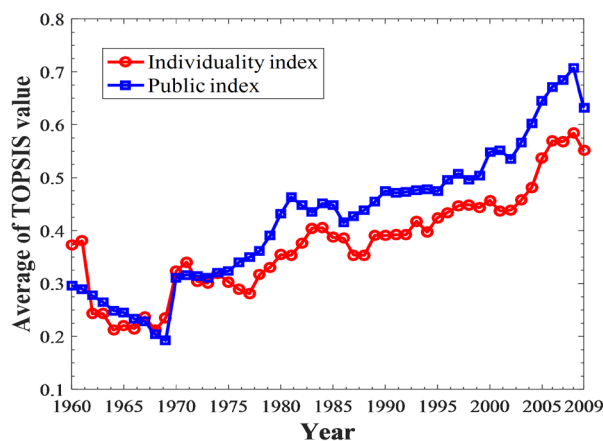


Figure 8. Average of TOPSIS value calculated by the individuality index and public index
图 8. 根据州内指标和公共指标计算 TOPSIS 值的平均值

基金项目

由湖南农业大学大学生科创基金项目(XCX18007)资助。

参考文献

- [1] Earthscan (2010) Renewable Energy in Europe: Markets, Trends, and Technologies. *Encyclopedia of Energy*, **9**, 313-331.
- [2] 于文轩. 美国能源安全立法及其对我国的借鉴意义[J]. 中国政法大学学报, 2011(6): 119-129.
- [3] 侯佳儒. 美国可再生能源立法及其启示[J]. 郑州大学学报(哲学社会科学版), 2009, 42(6): 79-84.
- [4] 张湘宁. 美国能源新政对我们的启示[J]. 西南石油大学学报(社会科学版), 2009, 2(1): 15-20.
- [5] 董治堂. 中美能源政策对比研究[J]. 经济经纬, 2007(1): 61-65.
- [6] 高静. 美国新能源政策分析及我国的应对策略[J]. 世界经济与政治论坛, 2009(6): 58-61.
- [7] 郝新东. 中美能源消费结构问题研究[D]: [博士学位论文]. 武汉: 武汉大学, 2013.
- [8] 李彦斌, 于心怡, 王致杰. 采用灰色关联度与TOPSIS法的光伏发电项目风险评价研究[J]. 电网技术, 2013, 37(6): 1514-1519.
- [9] 李荣平. 基于灰色关联度方法的科技进步效果评价与分析——以河北省为例[J]. 改革与战略, 2007, 23(10): 33-36.
- [10] 邹晓雯. 水质评价的灰色关联度方法[J]. 水资源保护, 1994(3): 11-16.
- [11] Doukas, H., Karakosta, C. and Psarras, J. (2009) A Linguistic TOPSIS Model to Evaluate the Sustainability of Renewable Energy Options. *International Journal of Global Energy Issues*, **32**, 102-118. <https://doi.org/10.1504/IJGEI.2009.027976>
- [12] 方鹏骞, 张治国, 杨梅. TOPSIS法在医院绩效评价中的应用[J]. 中国卫生统计, 2005, 22(3): 169-170.
- [13] 胡永宏. 对TOPSIS法用于综合评价的改进[J]. 数学的实践与认识, 2002, 32(4): 572-575.
- [14] U.S. Energy Information Administration (2016) Appendix A. Mnemonic Series Names (MSN). https://www.eia.gov/state/seds/sep_use/notes/use_a.pdf
- [15] Wang, F. (2016) A Novel Coefficient for Detecting and Quantifying Asymmetry of California Electricity Market Based on Asymmetric Detrended Cross-Correlation Analysis. *Chaos: An Interdisciplinary Journal of Nonlinear Science*, **26**, 280-286. <https://doi.org/10.1063/1.4953012>
- [16] Christensen, J. (2015) Book Review: Rome, The Genius of Earth Day: How a 1970 Teach-In Unexpectedly Made the First Green Generation, by Jon Christensen. *Pacific Historical Review*, **84**, 368-369. <https://doi.org/10.1525/phr.2015.84.3.368>
- [17] 邵志刚. 美国石油政策的演变与战略石油储备政策的形成初探[D]: [硕士学位论文]. 苏州: 苏州大学, 2008.
- [18] 汪利娜. 美国次级抵押贷款危机的警示[J]. 中国房地产金融, 2007(10): 1-8.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2324-7924, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: jlce@hanspub.org