

基于马尔可夫过程的岛群旅游开发 资源优化配置方法研究^{*}

纪瑞雪^{1,2}, 刘大海^{1,2}, 郭 越³, 张金轩^{4,2}, 陈 烨^{1,2}

(1. 中国海洋大学 青岛 266100; 2. 国家海洋局第一海洋研究所 青岛 266061; 3. 国家海洋信息中心 天津 300171;
4. 青岛大学 青岛 266061)

摘 要: 当前, 我国的海岛旅游发展呈现出以岛群为单位组团发展的新趋势, 这对海岛旅游发展过程中的资源优化配置提出了更高的要求。文章基于马尔可夫随机过程, 对游客在岛群内部海岛间的随机行为进行了模型构建和研究, 通过计算游客在每个岛屿的潜在停留时间, 提出了一种指导海岛旅游资源优化配置的科学方法。在此基础上, 开展了相关应用研究。

关 键 词: 马尔可夫; 资源配置; 海岛旅游

我国海岛数目众多, 资源禀赋各异, 开发潜力巨大。2009 年, 随着《中华人民共和国海岛保护法》的颁布实施, 海岛保护和开发得到社会各界的高度关注^[1], 发展海岛经济势在必行。海岛旅游作为海岛经济发展的重要组成部分, 对于促进海岛地区社会、经济、环境和谐发展意义重大^[2]。当前, 我国海岛旅游高速发展, 海岛旅游资源开发呈现出由单岛开发向以岛群为单位抱团发展转变的新趋势。从岛群层面出发对海岛旅游发展中的资源配置问题加以研究, 对于协调岛群内部岛屿间的相互关系, 提升岛群整体开发效率, 具有重要意义。

长期以来, 要素资源投入相对稀缺, 一直是制约我国海岛经济发展的瓶颈^[3]。海岛旅游因对岛上交通、服务等基础设施要求较高, 面临投资数量多、收益风险大、开发周期长、季节波动性强等典型特征, 要素资源投入不足问题表现得尤为突出。与此同时, 由于缺乏系统有效的岛群开发整体规划^[4]和科学合理的资源优化配置方法, 盲目投资、低效投资、重复投

资加剧了要素资源的稀缺性, 严重阻碍了海岛旅游乃至整个海岛经济的高效发展。本研究将基于典型的动力系统随机过程——马尔可夫过程, 通过模型构建并辅以数学分析, 建立一种岛群开发过程中优化资源要素配置的科学方法, 并以岛群旅游资源优化配置为例进行应用研究。

1 岛群旅游资源优化配置研究的必要性

海岛是一种特殊的地貌单元, 集聚性分布特征明显。当前, 我国的海岛旅游发展呈现出由单岛开发向以岛群为单位多岛联合开发的模式转变, 这在一定程度上是借鉴国外知名旅游岛发展模式的结果, 也是当前海岛旅游市场竞争激烈, 开发者决心做大做强自身品牌的必然选择。然而, “岛群旅游”与单岛旅游不同, 在发挥海岛旅游活动综合性、连贯性优势的基础上, 也面临一系列新挑战, 它要求科学优化岛群旅游资源配置, 提高其利用效率, 以增加经济效益。从目前海岛旅游发展的实际情况来看, 岛群开发旅游资源优化配置研究的必要性具体

^{*} 基金项目: 海洋公益性行业科研专项经费项目“‘山东半岛蓝色经济区’建设的海洋空间布局优化技术体系及决策服务系统应用示范”(201205001); “岛群综合开发风险评估与景观生态保护技术及示范应用”(2013418009-2); 国家海洋局青年基金重点项目“典型无居民海岛生态环境脆弱性空间分异特征研究”(2012104); 国家海洋软科学项目“边远海岛经济发展模式和空间布局研究”(2200299); 中央级公益性科研院所基本科研业务费项目“典型无居民海岛生态环境脆弱性的驱动机制及定量评估方法”(GY02-2012G11); 国家海域使用管理项目“基于生态文明建设要求的滨海旅游产业用海使用管理政策研究(2200204)”。

体现在以下 3 个方面。

1.1 提升要素利用效率, 缓解资源投入不足

岛群旅游是一种将整个岛群作为一个完整的旅游目的地的旅游模式, 注重发挥岛群整体效应, 因此, 在前期建设过程中, 必须对所有潜在旅游岛屿进行开发投入, 这对投资者的投资规模、资金周转周期、风险承受能力提出了极高的要求。当前, 我国的海岛旅游开发活动大多由地方政府主导, 企业或相关金融机构出资, 要使有限的要素资源在最短时间内实现收益最大化, 必须注重在不同岛屿间科学合理地配置要素资源, 保证资源的高效利用, 避免盲目投资带来的资源浪费和效率低下。

1.2 实现岛屿特色发展, 避免岛间同质竞争

岛群内部岛屿地理位置接近, 自然禀赋具有较大的相似性。在岛群旅游发展过程中必然会因为不同岛屿间景观差异度不大而导致相互竞争、彼此替代现象的发生。因此, 在开发过程中, 必须注重结合每个岛屿的自身特点, 科学布局要素资源, 实现岛群内部岛屿的错位发展, 避免近距离重复建设行为的发生^[5], 注重彰显单岛特色。这对岛群旅游资源优化配置提出了极高的要求, 开发者必须对岛群内部每个岛屿的具体情况具有深入的认识才能实现。

1.3 注重岛群有序发展, 优化岛群开发时序

岛群作为狭小地域内多个岛屿的集合体, 具有典型的区域经济意义。倘若在岛群旅游资源配置过程中, 能对其中地理位置相对居中、发展潜力大、扩散作用强的岛屿有所倾斜, 通过配置更多的资源促使其优先发展, 则会对临近岛屿发挥显著的辐射带动作用^[6], 并在一定程度上实现以点带线、以线带面的联动发展, 既节约了要素投入, 又提升了资源配置效率, 对于岛群经济的长远发展具有重要价值。

2 岛群开发旅游资源配置的马尔可夫过程模型构建及优化方法研究

海岛旅游发展过程中, 资源配置行为具有长期性、持续性等典型特征, 从前期的初始旅游设施、旅游景观建设到伴随旅游行为而产生的旅游设施维护和完善, 资源配置行为为时有发

生。在这个过程中, 资源的优化配置显得尤为重要。鉴于旅游行为在游客的主观意识作用下具有较强的随机性, 游客的旅游目的地选择、停留时间决定能在一定程度上反映出其对某旅游地点的偏好程度, 这为旅游资源的优化配置提供了科学的决策依据。马尔可夫过程作为一种典型的连续时间动力系统随机过程, 与游客的行为选择过程高度契合, 能够对游客在海岛旅游中的随机行为进行建模分析, 通过对其行为的长期观察, 寻求隐藏在随机过程背后的定常态规律, 这对科学指导海岛旅游资源配置, 促进开发人员合理布局相关要素, 实现资源利用效率最大化具有典型的应用价值。

2.1 马尔可夫过程介绍

马尔可夫过程最早由俄国数学家 A. A. 马尔可夫于 1907 年提出, 它是马尔可夫链模型^[7]在连续时间情形下的类推。它企图寻求隐藏在随机过程背后的长期稳定性, 注重揭示事物未来演变的相对确定性及其对以往行为的非依赖性。通过构造一个基于马尔可夫过程的平衡方程, 可以寻求隐藏在随机过程背后的定常态分布规律, 并以此为依据实现决策优化, 此类研究也被称为“马尔可夫决策论”^[8]。具体来说, 马尔可夫过程由两个基本部分组成: 状态转移和每个状态持续的时间。状态转移强调长期过程中位于每个状态的潜在稳定概率, 而状态持续时间则是研究在连续时间内每个状态的停留时间。两者之间的关系可用图 1 表示。

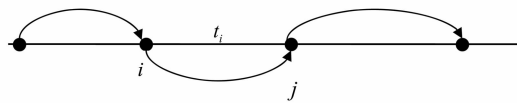


图 1 马尔可夫过程示意图

图 1 中, 实心黑点 i 、 j 分别代表马尔可夫过程中随机变量 X 的两个状态, i 、 j 之间的箭头表示由状态 i 向状态 j 转移, t_i 表示在 i 状态的停留时间。针对这两个基本组成部分, 马尔可夫过程有如下两条基本性质^[8]。

性质 1: 在马尔可夫过程中, 下一个状态的概率分布仅仅依赖于当前状态, 而与其他时期的状态无关, 即状态转移具有无记忆性。

性质 2: 在马尔可夫过程中, 下一次转移的时刻不依赖于当前的状态维持多长时间。换句话说, 在特定状态下维持的时间分布具有无记忆性。

性质 1 强调了状态转移概率 p_{ij} (由状态 i 转移到状态 j 的概率) 的确定性。由条件概率的定义知, 在 $n+1$ 时期随机变量 X_{n+1} 取状态 j 的概率为

$$\Pr\{X_{n+1} = j\} = \sum_i p_{ij} \Pr\{X_n = i\} \quad (1)$$

性质 2 决定了在该过程中随机变量 X 在状态 i 维持的时间 T_i 只能服从指数分布, 因为只有指数分布是具有典型的无记忆特性的概率分布。因此, 其潜在设定了某特定状态 i 的维持时间 T_i 应该具有如下密度函数:

$$F_i(t) = \lambda_i e^{-\lambda_i t} \quad (2)$$

式中: $F_i(t)$ 为状态 i 的维持时间 T_i 的密度函数; e 为自然对数; λ_i 为参数值, 且该参数值一般来说依赖于状态 i 。为简化描述, 现令 $\pi_n(i) = \Pr\{X_n = i\}$, π_n 表示项为 $\pi_n(1)\pi_n(2)\pi_n(3)\cdots$ 的向量。马尔可夫过程存在两种最终结果: ① π_n 的极限 $\lim \pi_n$ 不存在, 则该马尔可夫过程具有周期振荡性, 不会在有限周期后趋于稳定。② $\lim \pi_n \rightarrow \pi$, 则该马尔可夫过程为非周期的, 即在有限周期内 X_n 趋于某一定常态。此类结果是马尔可夫过程的理想结果, 对于寻求动力系统的最终平衡态至关重要。在此类结果出现的条件下, 可以联立以下方程组求得该状态转移的定常态:

$$\begin{cases} \pi_{n+1} = \pi_n P \\ \sum_{i=1}^m \pi_n(i) = 1 \end{cases} \quad (3)$$

2.2 模型基本假设

基于马尔可夫过程的岛群开发旅游资源优化配置模型假设条件如下。

假设 1 (封闭系统假设): 存在封闭岛群 R , 内部存在 m 个可供选择的旅游目的地岛屿, 游客所处的岛屿位置 $X_n \in \{1, 2, 3 \cdots m\}$, 其中, n 为研究周期。

假设 2 (状态转移模式假设): 游客在 n 期处于 X_n 岛屿的条件下, 可自主选择 $n+1$ 期的旅游目的地岛屿, p_{ij} 表示在 $n+1$ 期从岛

屿 i 转移到岛屿 j 的概率, 即 $p_{ij} = \Pr\{X_{n+1} = j \mid X_n = i\}$ ($i \neq j$)。由于转移行为在岛群内部 m 个岛屿间均可能发生, 可以将所有转移状态的 p_{ij} 写成矩阵 P 形式如下

$$P = (p_{ij}) = \begin{bmatrix} p_{11} & \cdots & p_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ p_{m1} & \cdots & p_{mm} \end{bmatrix} \quad (4)$$

鉴于状态转移必须发生于岛群内部两个不同的岛屿之间, 故令 $p_{ij} = 0$ ($i = j$)。因此, 式 (4) 可写成

$$P = (p_{ij}) = \begin{bmatrix} 0 & \cdots & p_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ p_{m1} & \cdots & 0 \end{bmatrix} \quad (5)$$

由条件概率的定义知, 在 $n+1$ 期内游客处于第 j 个岛屿的概率为

$$\Pr\{X_{n+1} = j\} = \sum_i p_{ij} \Pr\{X_n = i\} \quad (6)$$

假设 3 (马尔可夫过程定常态假设): 岛群 R 旅游发展的马尔可夫过程为遍历性、非周期性的, 即在有限研究周期内游客可从岛屿 i 转移至岛屿 j 。这决定了经历有限周期后, 游客的选择行为会趋于相对稳定的状态, 此时, 游客所在的岛屿 X_n 趋于同一个定常态分布, 且与其初始所在岛屿 X_1 无关。

2.3 模型构建及定常态分析

根据马尔可夫过程的性质及模型假设, 可以将该岛群旅游业的定常态研究分为如下两部分: ① 离散时间系统内的状态转移; ② 连续时间系统内每个状态持续的时间。首先, 对该过程中离散时间系统内的状态转移开展研究。

令 $\pi_n(i) = \Pr\{X_n = i\}$ 表示在第 n 个周期游客处于岛屿 i 的概率, 则由假设 2 中的式 (6) 可得: $\pi_{n+1}(i) = \sum_j p_{ij} \pi_n(j)$ 。根据假设 3, 因为该过程为定常态, 即在经历有限次状态转移之后, $\pi_n(i)$ 为定值, 故存在迭代函数 $\pi_{n+1} = \pi_n P$, 其中, π_n 表示项为 $\pi_n(1)\pi_n(2)\pi_n(3)\cdots$ 的向量。因此, 由线性方程组:

$$\begin{cases} \pi_{n+1} = \pi_n P \\ \sum \pi_n = 1 \end{cases} \quad (7)$$

解得向量 $\pi_n^0 = \langle \pi_n^0(1), \pi_n^0(2), \pi_n^0(3), \cdots, \pi_n^0(m) \rangle$ 即为离散时间动力系统内的状态转移平

衡态，它表示游客在 n 期从不同岛屿间发生的旅游地点转移相对稳定，这也可以被称为嵌入马尔可夫过程的马尔可夫链定常态分布。

接下来考虑连续时间系统内每个状态持续的时间，即游客在第 n 期选择岛屿 i 作为旅游地点后，在该岛上停留的时间 $t_n(i)$ 。由于该时间服从参数为 λ_i 的指数分布 [参见式 (2)]，则 $t_n(i)$ 的期望为：

$$Et_n(i) = \int_0^{+\infty} tp(t)dt = \int_0^{+\infty} t\lambda_i e^{-\lambda_i t} dt = \frac{1}{\lambda_i} \tag{8}$$

其中， λ_i 的值与所处岛屿 i 密切相关，这在一定程度上反映了该岛屿对游客的吸引程度。综合上述两个方面，可以计算游客在该岛群旅游期间处于各个岛屿的概率。一般来说，在某个研究周期内，若向量 $\pi = [\pi(1), \pi(2), \dots, \pi(m)]$ 是嵌入马尔可夫过程的马尔可夫链定常态分布， $t = [t(1), t(2), \dots, t(m)]$ 是各状态停留的时间，则停留于各状态的时间比例 $Q(i)$ 可以由下式给出：

$$Q(i) = \frac{\pi(i)t(i)}{\sum_{i=1}^m [\pi(i)t(i)]} \tag{9}$$

3 基于马尔可夫过程的岛群开发旅游资源配置优化模型应用

上文基于马尔可夫过程，对游客在海岛旅游过程中的随机行为进行了模型构建和定常态研究，得出了游客在岛群旅游过程中在每个目的地岛屿的潜在停留时间，该模型在岛群旅游发展资源优化配置过程中的重要意义在于，可以通过计算该式得出游客在该岛群内部岛屿间旅游期内在每个岛屿上停留的时间，对于停留时间较长的岛屿，意味着客流量较大，对旅游设施的潜在需求较多，因此可以在相关资源配置过程中尽可能向该岛屿倾斜，而对于游客停留时间较少的岛屿，则表现为游客的旅游兴趣较小，这可能是由于岛屿之间景色的同质性过大或者该岛的基础设施建设、行政管理工作欠缺，应当深入寻求该问题产生的原因，并在此基础上加以改进。当然，在岛群开发要素投入有限的条件下，前者似乎更有利于岛群开发过程中资源优化配置的实现及要素投资——收益

率的提升。在现实应用中，状态转移概率的选择及时间密度函数中参数 λ_i 的确定可以通过对大量游客的行为进行系统观察和统计分析获得。在上述研究的基础上，补充如下假设，进行应用研究。

假设 4（典型岛群旅游特征假设）：存在由 3 个潜在旅游目的地岛屿 A、B、C 组成的岛群 S，游客在旅游地点选择上的状态转移概率矩阵 P

$$= \begin{pmatrix} 0 & 1/4 & 3/4 \\ 1/2 & 0 & 1/2 \\ 2/3 & 1/3 & 0 \end{pmatrix}, \text{ 且已知 A、B、C 3 个岛}$$

屿的参数 $\lambda_A, \lambda_B, \lambda_C$ 之间存在如下关系：

$$\lambda_A = 2\lambda_B = 3\lambda_C \tag{10}$$

则由状态转移概率矩阵计算嵌入该过程的马尔可夫链即离散时间系统内的状态转移定常态分布过程为：

$$\begin{aligned} \pi(1) &= \frac{1}{2}\pi(2) + \frac{2}{3}\pi(3) \\ \pi(2) &= \frac{1}{4}\pi(1) + \frac{1}{3}\pi(3) \\ \pi(3) &= \frac{3}{4}\pi(1) + \frac{1}{2}\pi(2) \\ \pi(1) + \pi(2) + \pi(3) &= 1 \end{aligned} \tag{11}$$

解得： $\pi = [\pi(1), \pi(2), \pi(3)] = (0.377\ 4, 0.226\ 4, 0.396\ 2)$ 。由此可得，在较长时期内，游客选择 3 个岛屿作为旅游目的地的概率分别为 0.377 4、0.226 4 和 0.396 2。考虑到游客在这些岛屿上停留的时间期望满足式 (10)，所以游客在其旅行过程中处于 3 个岛屿的时间分布为： $(0.377\ 4\lambda_A, 0.226\ 4\lambda_B, 0.396\ 2\lambda_C)$ 。运用式 (9) 将其归一化（每一项除以他们的总和）得到 $(0.606, 0.182, 0.212)$ 。因此，游客在该岛群旅游过程中，大约有 60.6% 的时间位于 A 岛，有约 18.2% 的时间位于 B 岛，约 21.2% 的时间位于 C 岛。因此，为满足游客需求，避免过量投资造成的资源浪费，在该岛群旅游业发展过程中，应当将半数以上的资源配置于 A 岛，比如投入更多资金完善包括宾馆、酒店、卫生间等在内的公共基础设施，布局更多的服务人员等。

4 结束语

本研究基于马尔可夫过程对岛群旅游发展

过程中的资源配置优化问题进行了模型构建及方法研究，通过计算游客在岛群内部各岛屿游览的潜在停留时间，科学指导相关部门配置要素资源。实践证明，将有限的要素资源配置在游客停留时间相对较长的地方，能够有效缓解要素使用效率低下和机会成本增加等一系列问题。当然，在岛群开发其他领域的资源配置过程中，该模型及方法也具有一定的适用性，这对优化资源配置，提升投资回报率，提高海岛开发投资热情、促进海岛经济良性发展具有重要的实践意义。

我国海岛保护法明确提出，海岛开发应遵循“科学规划、保护优先、合理开发、永续利用”四项原则，防止盲目无序开发。在当前海岛开发要素投入相对有限的宏观背景下，科学布局要素资源，合理优化要素配置，是快速发展海岛经济的必然要求，也是统筹海陆发展、拓展发展空间、充分调动海岛在海陆一体化建设中重要前沿作用的理性选择。

参考文献

[1] 吴姗姗．无居民海岛评估的必要性与特殊性分析

[J]．海洋开发与管理,2012,29(7):30—33.

[2] 李婉玲．海岛旅游可持续发展研究:以上下川岛为例[J]．价值工程,2011(35):115—116.

[3] 毕远溥,刘明,雷利远,等．辽宁海岛开发与保护对策的初步研究[J]．海洋开发与管理,2012,29(3):7—10.

[4] 刘大海,纪瑞雪,仲崇峻,等．岛群开发时序优化模型构建及方法研究[J]．海洋经济,2012(4):40—45.

[5] 马丽卿．海岛型旅游目的地的特征及开发模式选择:以舟山群岛为例[J]．经济地理,2011(10):1740—1744.

[6] 李小建,李国平,曾刚,等．经济地理学[M]．北京:高等教育出版社,2011.

[7] GIORDANO F R, FOX W P, et al. 数学建模[M]．叶其孝,姜启源,译．北京:机械工业出版社,2005.

[8] MEERSCHAERT M M. 数学建模方法与分析[M]．刘来福,杨淳,黄海洋,译．北京:机械工业出版社,2009.