

Н.Е. Сердитова

МЕТОДОЛОГИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ЗАДАЧАХ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ТЕРРИТОРИЙ

N.E. Serditova

APPLICATION OF GEO INFORMATION TECHNOLOGIES IN TERRITORY APPRAISAL: METHODOLOGY

Рассмотрены два класса задач, возникающих при оценке состояния территорий для принятия решений в области природопользования или охраны окружающей среды. Первый относится к построению сводных показателей, характеризующих природный потенциал территории без учета хозяйственной деятельности человека. Второй относится к оценке состояния территории, с учетом осуществляемой на ней экономической деятельности. Рассмотрены подходы к решению в обоих классах задач в контуре ГИС. В первом случае показана предпочтительность построения сводных рандомизированных показателей, во втором случае предлагается использовать индекс относительной энтропийной устойчивости эколого-экономической системы.

Ключевые слова: рандомизированные показатели, эколого-экономические показатели, производство энтропии, геоинформационные системы.

Two classes of problems in territory appraisal for making environmental decision are considered. First class includes construction of consolidated indicator that characterizes some natural potential without taking into account human activity. Second class is about taking into account economic activity on the appraised territory. Approaches for solutions of the problems using GIS technologies are proposed. For the first class of problems randomized indicators are recommended for the second class the relative entropy sustainability index is proposed.

Key words: randomized indicator, eco-economic indices, entropy production, GIS.

Геоинформационные системы сегодня являются основным инструментом для принятия решений в области природопользования или охраны окружающей среды. Довольно часто при этом возникает необходимость оценки состояния территории по какой-либо шкале. Здесь можно выделить два наиболее общих класса задач. Первый относится к построению сводных показателей, характеризующих природный потенциал территории без учета хозяйственной деятельности человека. Второй относится к оценке состояния территории с учетом осуществляемой на ней экономической деятельности. Рассмотрим подходы к решению в обоих классах задач в контуре ГИС.

Сводные показатели потенциала территории

Необходимость построения сводных показателей возникает при разработке моделей, обобщающих различные стороны объекта. Примерами подобных задач может служить оценка различного рода территориальных потенциалов (ассимиляционного, мезоклиматического и др.), оценка многофакторного риска стихийных бедствий или степени уязвимости для них определенного района.

В силу определенной искусственности подобных сводных показателей, а также всегда имеющей место неопределенности, наиболее тонким и ответственным этапом является оценивание весовых коэффициентов, учитывающих вклад разных факторов. В этом смысле необходима разработка метода, который бы отвечал двум требованиям: а) учитывал имеющуюся неопределенность, б) допускал простую вычислительную реализацию в контуре ГИС.

Общим в задачах такого типа является формирование вектора $\mathbf{q} = (q_1, q_2, \dots, q_m)$ отдельных показателей, имеющих географическое распределение (информационных слоев ГИС). Вводится сводный показатель Q , который зависит от вектора весовых коэффициентов $\mathbf{w} = (w_1, w_2, \dots, w_m)$, задающих степень влияния отдельных показателей q_i на сводную оценку. Простым частным случаем сводного показателя является линейная комбинация

$$Q = \sum_{i=1}^m q_i w_i, \quad \sum_{i=1}^m w_i = 1.$$

Неопределенность выбора вектора весовых коэффициентов $\mathbf{w} = (w_1, w_2, \dots, w_m)$ моделируется многомерной равномерно распределенной случайной величиной $\ddot{\mathbf{w}} = (\ddot{w}_1, \ddot{w}_2, \dots, \ddot{w}_m)$. Генерируя на ЭВМ все допустимые наборы весовых коэффициентов \mathbf{w}^t , получаем возможность вычислить статистические характеристики вектора случайных весовых коэффициентов $\ddot{\mathbf{w}}(I)$ и соответствующих рандомизированных сводных показателей, как это предложено в методе АСПИД.

При реализации метода в контуре ГИС возможны два возможных варианта реализации алгоритма:

1. Полное отсутствие априорной информации о сравнительной весомости отдельных показателей;

2. Наличие априорной информации о сравнительной весомости отдельных показателей. Предполагается, что информация носит лишь ординальный (порядковый) характер, и сформулирована в виде системы неравенств для весовых коэффициентов.

Метод рандомизированных показателей с неопределенными весовыми коэффициентами применен к задаче оценки мезоклиматического потенциала седиментации территории. Для оценки информативности полученной величины проведено сравнение с экспериментальными данными загрязнений, показывающее хорошее согласие.

Эколого-экономическая оценка территории

Технологии современного дистанционного зондирования атмосферы и подстилающей поверхности таковы, что принципиально возможен мониторинг комплексного состояния территорий. При этом рассмотрение экологического

состояния территорий во все большем количестве случаев невозможно без рассмотрения происходящей на них экономической деятельности. Использование исключительно экологических показателей является недостаточным, так же как и использование только экономических. Необходимы совместные эколого-экономические показатели.

Экономическая система является примером высокоупорядоченной сложной динамической системы. Она также является открытой подсистемой материально закрытой нерастаущей экосферы. Экономика для своего поддержания, роста и развития зависит от производимой экосферой энергии и материалов, а также от ассимиляционного потенциала экосферы для производимых отходов. С термодинамической точки зрения непрерывный рост экономики (т.е. рост народонаселения и накопление произведенного человеком капитала) может происходить только за счет возрастающего беспорядка (энтропии) в экосфере. Это происходит, когда потребление ресурсов экономикой превышает природное производство, что проявляется через ускоряющееся разрушение природного капитала, сокращение биоразнообразия, загрязнение воздуха, вод, суши, изменение климата и т.д.

Многие исследования в разных предметных областях, имеющих дело с моделированием поведения сложных неравновесных систем, указывают на плодотворность подхода с использованием принципа максимума производства энтропии (МПЭ). Привлекательность оперирования макрохарактеристикой вместо анализа бесчисленного множества микрохарактеристик и индивидуальных фазовых траекторий очевидна. Однако, чем может быть оправдано использование принципа МПЭ с теоретической точки зрения? Как показано в [1], метод максимального производства энтропии – это статистически обоснованный принцип физического отбора. Он предсказывает репродуцируемое (наиболее вероятное) поведение, отбираемое заданными ограничениями. Однако оправдываемость прогнозов метода максимальной энтропии в значительной степени зависит от правильности определения ограничений, которые в действительности существуют в природе. В этом отношении метод максимальной энтропии в значительной степени остается методом проб и ошибок. Неудачи его применения свидетельствуют о наличии новых ограничений (новых физических законов).

В качестве единого показателя состояния территории, учитывающего как экономическую, так и экологическую составляющие предлагается ввести индекс относительной энтропийной устойчивости (RES), который призван отразить энтропийную устойчивость и относительное благополучие региона с эколого-экономической точки зрения [2, 3]. Этот индекс является безразмерным коэффициентом, учитывающим как долю производимого i -м регионом или страной ВВП по отношению к национальному или глобальному ВВП, так и относительную долю произведенной при этом энтропии, оцененную по выбросам/стокам антропогенного углекислого газа.

В рамках данной работы был произведен расчет индекса RES для отдель-

ных административных районов Санкт-Петербурга. Интегрированный характер данного показателя может дать исчерпывающую картину экономической и экологической деятельности внутри границ системы.

Расчет индекса осуществляется по следующей формуле:

$$RES_i = \left(\frac{ВТП_i}{\sum ВТП_i} \right) : \left(\frac{\Delta S_i}{\sum \Delta S_i} \right), \quad (1)$$

где RES_i – индекс относительной энтропийной устойчивости; $ВТП_i$ – валовой территориальный продукт i -го административного района Санкт-Петербурга, млн руб.; $\sum ВТП_i$ – валовой территориальный продукт Санкт-Петербурга (ВРП), млн руб.; ΔS_i – относительная доля произведенной энтропии, оцененная по выбросам CO_2 , i -го административного района Санкт-Петербурга, $мг/м^3$; $\sum \Delta S_i$ – относительная доля произведенной энтропии, оцененная по выбросам CO_2 , города Санкт-Петербурга, $мг/м^3$.

Очевидно, что чем выше значение индекса по сравнению с единицей, тем более относительно устойчивым с энтропийной точки зрения является эколого-экономическое макро-состояние данного района, тем менее ущербной для состояния окружающей среды и природного капитала является экономическая деятельность в нем. И, наоборот, чем меньше единицы значение индекса, тем менее энтропийно устойчивым является макро-состояние i -го региона, что свидетельствует о значительной экологической стоимости экономических результатов.

Экологическая или экономическая составляющая неразделимы, это две стороны одной медали, между которыми установилась настолько тонкая грань, что незначительное изменение одной из составляющих может повлечь за собой существенные изменения эколого-экономического состояния всего региона в целом, привести к острой необходимости корректировки экономической или природоохранной политики.

Выводы

1. При построении с помощью ГИС сводных характеристик, обобщающих различные стороны объекта в условиях неопределенности и неточности информации, весьма перспективным является использование метода рандомизированных сводных показателей. Использование метода рандомизированных сводных показателей для расчета мезоклиматического потенциала седиментации демонстрирует информативность такой характеристики для описания территории.

2. Разработанный показатель относительной энтропийной устойчивости RES является весьма информативным макропоказателем состояния эколого-экономической системы. Его критически малые значения, даже при благополучных экономических показателях, дают сигналы о необходимости серьезного пересмотра экономической или природоохранной политики на региональном уровне с целью обеспечения устойчивого эколого-экономического состояния.

3. Использование показателя RES указывает на необходимость изменить традиционную экономическую политику максимизации роста ВВП на политику минимизации скорости производства энтропии, добиваясь повышения значения RES.

4. Показатель RES является удобной основой для создания информационного эколого-экономического слоя в технологии ГИС.

Литература

1. *Сердитова Н.Е., Белоцерковский А.В.* Моделирование сложных эколого-экономических систем и принцип максимума производства энтропии. – СПб: РГТМУ, 2008.
2. *Сердитова Н.Е.* Принцип максимума производства энтропии и «озеленение» системы национальных счетов // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – Экономические науки, 2009, № 2.
3. *Сердитова Н.Е.* К вопросу учета антропогенного производства энтропии как показателя устойчивости эколого-экономической системы // Вестник ИНЖЭКОНА. Сер. «Экономика», № 3(30), 2009.