

Принципы организации баз геоданных для изучения секвестрационного потенциала карбоновых территорий

Е. Н. Жданова¹, Е. С. Сулоева², М. М. Филиппов³, А. А. Минина⁴
Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет
«ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

¹enzhdanova@etu.ru, ²suloewa@list.ru, ³enmaksimfilippovleti@gmail.com, ⁴aminina@etu.ru

Аннотация. В докладе приводится анализ необходимой априорной информации карбоновых территорий, их секвестрационного потенциала и углеродного баланса территорий. Исследуется зависимость геотаксонов влияющих друг на друга для соблюдения карбонового баланса. Производится оценка корреляционных связей между параметрами различных классификаций геотаксонов. Рассмотрена предиктивная аналитика при организации баз геоданных для различных корреляционных связей между таксонами в зависимости от свойства карбонопоглощения (выделения). В качестве примера предоставлена таблица атрибутов карбоносодержащих территорий.

Ключевые слова: базы данных; карбон; углеродный баланс; карбоновый след; экология; загрязнение; геоинформационная система; пространственные данные; геотаксон

I. ВВЕДЕНИЕ

Основной проблемой XXI века является изменение климата, антропогенное воздействие на окружающую среду выступает основной причиной глобального потепления. Эмиссия парниковых газов возрастает из-за выбросов в атмосферу углекислого газа в результате сжигания топлива, природного газа, жизнедеятельности человека и техногенных объектов. Процесс депонирования лесами карбона снижает количество углерода в атмосфере благодаря чему можно говорить о циркуляции потоков углерода в рамках системы суша↔атмосфера↔океан. Для поддержания баланса необходимо, чтобы возможности поглощения соответствовали количеству выбросов. Из-за антропогенных факторов, а именно, увеличения количества производственных объектов и уменьшения лесных массивов (вырубка лесов), карбоновый баланс нарушается. Это приводит к появлению, так называемого, карбонового следа [1]. Расчет этого показателя производится на данный момент по иностранным методикам, в достоверности которых можно усомниться. Поэтому необходимо разработать отечественные методики определения углеродного следа, позволяющие провести адекватную оценку измерений и вычислений секвестрационного потенциала территорий.

Разработка альтернативного подхода к созданию методик оценки состояния карбоновых территорий может существенно изменить результаты подсчета карбонового

следа, первым шагом для создания которого служит анализ и систематизация данных о территориальных объектах.

На данный момент существующие методики включают в себя только рассмотрение одного параметра для территорий карбонопоглотителей: вид лесного массива [2], ландшафт с учетом климатических зон или административное деление территорий. Оценка данных методик не является комплексной [3], так как не учитывает все возможные влияющие факторы на формирование интегральной оценки расчета карбона.

Предлагается разработать подход, который будет включать в себя совмещение множества факторов, влияющих на формирование карбонового следа конкретной территории. Факторы целесообразно разделить на группы по определенному признаку для их систематизации и проведения пространственного анализа. Это позволит объединять оценки совокупности влияющих факторов и учесть пространственное распределение территориальных и техногенных объектов. Оптимальным вариантом для выполнения данной задачи служат геоинформационные технологии, которые обладают широким потенциалом для реализации сложных алгоритмов обработки пространственно-распределенных данных, позволяют получить комплексные оценки, моделировать и анализировать динамику изменения процессов во времени. Организация объектно-ориентированных моделей данных, поможет создавать объекты с новыми качествами, описывать их поведения и тем самым моделировать объекты реального мира для записи их в базу геоданных (БГД). В зависимости от полноты классификаций и информативности кортежей априорных данных, расчет параметров карбонопоглощения можно будет проводить различными способами, что устраняет неопределенность в рамках многокритериальной задачи.

II. СТРУКТУРА БГД

Для оценки экологического состояния территорий необходимо четкое и полное описание какого-либо территориального объекта или его части. Для исследования пространственных данных [4] необходимо учитывать их позиционные и непозиционные составляющие, что можно решить путем деления

территории на отдельные участки по различным признакам. Следовательно, первым шагом для создания БГД является рассмотрение формирующих карбоновый баланс объектов, изучение их характеристик, в качестве которых могут выступать, например, виды территорий, категории их назначения, типы рельефа, характеристики климатических зон и т. д.

Объединение различных категорий по признакам способствует созданию структуры объектно-ориентированной модели данных. Она должна учитывать свойства и характеристики для каждого объекта, которым для БГД выступает геотаксон [5]. Под геотаксоном будем понимать определенную площадь земной поверхности, либо материальную точку с заданным пространственно-географическим положением, с описанием ландшафтно-географической, техногенной и других ситуаций, которым задаются перечень и характеристики природных и техногенных рисков [6].

В связи с тем, что для формирования геотаксонов необходимо проанализировать и систематизировать большой объем разнородных данных, дать полное описание кортежа априорных знаний, а также выявить

общие и индивидуальные характеристики территориальных объектов целесообразно произвести классификацию геотаксонов на основе ряда параметров. Определив для каждого геотаксона ключевые параметры можно выявить множество вариантов их группировки, что может помочь в задаче реализации алгоритмов определения качественных и количественных характеристик влияния геотаксонов и их корреляционных связей, а также позволит проводить отображение пространственных данных.

Практико-ориентированным решением данной задачи является создание геоинформационного проекта, который поможет наполнить геоинформационную систему (ГИС) пространственными данными и сведениями об объектах в привязке к пространственным данным. Предиктивная аналитика ГИС-проекта состоит в исследовании параметров территорий, которые необходимо представить в табличной форме для БГД. Табличная информация является основой географических объектов, позволяющей визуализировать, строить пространственные запросы и анализировать данные. Большой объем данных легко представляется в атрибутивных таблицах. Пример такой таблицы атрибутов представлен на рис. 1.

| OBJECTID | Shape | LANDSCAPES | Shape Length | Shape Area | Range |
|----------|---------|-------------------------------|----------------|--------------------|-------|
| 1 | Полигон | Арктическая (северная) тундра | 777689,309997 | 29764054823,192223 | 1 |
| 2 | Полигон | Арктическая (северная) тундра | 251586,635524 | 2045725637,745731 | 1 |
| 3 | Полигон | Средняя тундра | 1305186,626037 | 44564513730,156769 | 6 |
| 4 | Полигон | Средняя тундра | 431099,576973 | 10271877726,569481 | 6 |
| 5 | Полигон | Южная тундра | 1065028,398249 | 41654598581,200783 | 3 |
| 6 | Полигон | Южная тундра | 1595988,384098 | 36919917601,94046 | 3 |
| 7 | Полигон | Среднегорье | 49118,001137 | 42205348,637538 | 5 |
| 8 | Полигон | Среднегорье | 1029719,028704 | 13105995631,84705 | 5 |
| 9 | Полигон | Лесотундра | 6064,608352 | 832394,117333 | 7 |
| 10 | Полигон | Лесотундра | 10439,000958 | 2591668,223762 | 7 |

Рис. 1. Пример атрибутивной таблицы геоинформационного проекта

Информация, отображаемая в данной таблице, включает в себя следующие поля:

- OBJECTID – идентификатор объекта. Наличие данного поля позволяет выбирать объекты на карте слоя, создавать связи между таблицами атрибутов, отображать подборку записей или пространственных объектов, редактировать атрибуты;
- Shape – определяет тип геометрии объекта (например, полигон, точка, линия и т.д.);
- LANDSCAPES – отображает тип ландшафта;
- Shape_Length и Shape_Area – автоматическое определение новых значений длины и площади для

линейных и полигональных объектов после редактирования;

- Range – ранжирование объектов показывает целесообразность строительства новых дорог, где 1 – это наиболее пригодно, а 10 – наименее пригодно.

Каждая из таблиц атрибутов соответствует своему полигональному слою, при этом слою могут соответствовать несколько атрибутивных таблиц, данные которых можно связать по определенному правилу.

Исходя из этих правил, устанавливаются отношения (один-ко-одну, многие-ко-одну, один-ко-многим, многие-ко-многим).

Далее при создании алгоритма оценки секвстрационного потенциала необходимо провести деление территории на участки равного размера для сопоставления каждого участка конкретному таксону. Это необходимо для того, чтобы оценка коэффициента карбонопоглощения была адекватной и была применена к равным территориальным объектам.

Ниже преставлена иллюстрация подхода деления на районы с присвоением различных характеристик группам геотаксонов. На рис. 2 в качестве примера представлено деление на равные участки Тосненского района с назначением различных характеристик по целевому назначению леса.

Присваивание различных характеристик геотаксонов в зависимости от выявленных параметров территорий для деления большой территории на участки равного размера и сопоставления каждого участка конкретному таксону обусловлены необходимостью детализации и идентификации пространственных объектов. Это позволит сформировать наиболее адекватную интегральную оценку воздействия каждой группы геотаксонов.



Рис. 2. Деление территории на ячейки

Каждая ячейка при этом может содержать $\{1...n\}$ параметров различных геотаксонов, что приводит к неопределенности при выявлении главного геотаксона и неоднозначности кортежа априорных знаний о конкретном участке местности, что можно наблюдать на рисунке 2 в ячейках 35 и 41.

При количестве пересечений геотаксонов $n > 2$ появляется задача с избыточностью данных. Подобного рода многокритериальные задачи могут быть решены в рамках теории принятия решения и при помощи программируемых различных методов системного анализа. Здесь можно упомянуть метод полного перебора [7] с полным множеством различных объединений в виде

возможных модификаций типов, который описывает все реализуемые варианты. Подобные алгоритмы работают с большим объемом информации, поэтому первоначально требуется производить анализ принципов организации построения системы для обработки информации, ее алгоритмическое обслуживание [8], которое предшествует тестированию программного обеспечения, которое напрямую связано с ГИС-проектом. Т.к. атрибутивные параметры геотаксонов могут влиять на значение итогового коэффициента карбонопоглощения, необходимо рассмотреть какие влияния имеют место быть при наложении кортежей априорных знаний разных геотаксонов в рамках одной ячейки.

В общем случае для коэффициента карбонопоглощения G выделяются 3 категории отношений:

- увеличение коэффициента карбонопоглощения (умножение a_1 и суммирование a_2)

$$\begin{cases} G = R * (a_1)R_1R_2...R_n \\ G = R_{\Sigma}(a_2)R_1R_2...R_n \end{cases} \quad (1)$$

- его уменьшение (деление a_3 и разность a_4).

$$\begin{cases} G = R^{-1}(a_3)R_1R_2...R_n \\ G = R'(a_4)R_1R_2...R_n \end{cases} \quad (2)$$

- нейтральное отношение между объектами разным «классов».

$$G = R_1R_2...R_n,$$

где совокупность $\{R_n\}$ – это параметры кортежа априорных данных геотаксона для всех n слоев ячейки.

При выделении ключевого признака для параметров геотаксонов необходимо сопоставлять кортежи данных для исследования зоны перекрещивающихся значений между двумя вариационными рядами [9]. Это позволяет использовать основные параметры из кортежей априорной информации, делает выбор ключевого геотаксона обоснованным, а также может указать на возможность объединения параметров соседствующих геотаксонов.

III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Программно перечисленные задачи может решить реализация геоинформационного проекта для автоматического выявления пересечений различных групп геотаксонов и назначения главного геотаксона в рамках набора пространственных слоев.

Деление по классификационным признакам для ГИС-проекта при этом может быть учтено в рамках одного слоя, или, при необходимости совокупности слоев, объединенных под одним именем. Различные классы слоев при помощи пространственно-временной привязки наносятся на топоснову конкретной исследуемой территории и служат основой проекта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] C.LeQuéré et al.: Globalcarbonbudget 2015.
- [2] Филипчук А.Н., Малышева Н.В., Моисеев Б.Н., Страхов В.В. Аналитический обзор методик учёта выбросов и поглощения лесами парниковых газов из атмосферы // Лесохозяйственная информация. 2016. № 3. С. 36-85.
- [3] Kurakina N.I., Suloeva E.S. The integrated assessment method of the environmental impact of knowledge-consumptive industries on the environment. // Proceedings of the 19th International Conference on Soft Computing and Measurements, SCM 2016. 2016. С. 430-434.
- [4] ГОСТ Р 57773-2017. Пространственные данные. Качество данных. М., 2017. 138 с.
- [5] Марченко П.Е. Геоинформационные модели и методы интегральной оценки природно-техногенной опасности территориальных систем: Дис. ... док. техн. наук / Институт информатики и проблем регионального управления Кабардино-Балкарского научного центра РАН. Нальчик, 2010. 324 с.
- [6] Жданова Е.Н. Алгоритмическое обеспечение информационно-измерительной системы для оценки взаимного влияния территорий: Дис. ... кан. техн. наук / Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина). Санкт-Петербург, 2019. 129 с.
- [7] Цветков Э.И. Установление множества возможных алгоритмов как этап автоматического метрологического синтеза // Мир измерений. 2017. № 2. С. 36-42.
- [8] Lomachenko A.A., Romantsova N.V., Tsareva A.V. Telecommunication subsystem algorithmic maintenance of a distributed measurement system // Proceedings of the 2018 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering, ElConRus 2018. 2018. С. 916-918.
- [9] Areshko, E.O., Korolev, P.G.E, Tsareva, A.V. Means of statistically well-founded correction of the transformation characteristic of the measuring channel // 20th IEEE International Conference on Soft Computing and Measurements, SCM 2017; St. Petersburg; Russian Federation; 24 May 2017 до 26 May 2017; Pages 586-588.