

Модель территориального объекта, обеспечивающая решение задач оценки состояния и идентификации ситуаций на основе данных дистанционных измерений

В. В. Алексеев, Н. В. Орлова, Е. Н. Седунова

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова «Ленина»
vvalekseev@etu.ru, nvorlova125@gmail.com

Аннотация. Рассматривается опорная модель территориального объекта для оценки его состояния, прогнозирования и моделирования развития ситуации на основе данных дистанционного зондирования земли.

Ключевые слова: модель территориального объекта; оценка состояния; данные дистанционного зондирования; геоинформационные технологии

Геоинформационная модель (ГИС-модель) заданного территориального объекта обеспечивает мониторинг и анализ его текущего состояния и оценку тенденций развития ситуаций, взаимного влияния на основании сравнения созданных векторных опорных характеристик природных и техногенных объектов.

ГИС-модель территориального объекта – это совокупность моделей природных и техногенных объектов, взаимодействующих с анализируемым объектом, которые описываются информативными параметрами, определяемыми целевой функцией реализуемого ГИС-проекта.

Создание модели территориального объекта (МТО) требует определения и описания характеристик всех техногенных и природных объектов, их зон ответственности (территории, на характеристики которых они влияют), определения функций взаимодействия прилегающих объектов, их территорий, т.е. требует проведения районирования территорий.

Например, с целью оценки экологического состояния Финского залива (ФЗ) необходимо создать модель, учитывающую систему водосбора ФЗ, все природные и техногенные территориальные объекты, прилегающие к береговой линии ФЗ, так как любой из этих объектов может оказать на ФЗ экологическое воздействие, а также объекты, находящиеся внутри зоны, определенной береговой линией, такие как острова, дамба, морской фарватер, зоны рейдовой стоянки кораблей и др.

Таким образом, опорная характеристика «Береговая линия» ФЗ [1] является основой для создания его ГИС-модели – «МТО ФЗ».

Районирование территорий. Районирование территорий является важной процедурой, обеспечивающей удобное представление и систематизацию характеристик территориального объекта в ГИС. Районирование должно проводиться по нескольким принципам, отражающим функциональную организацию территории. Важными для решаемой задачи являются характеристики: водосбор, административная принадлежность (вид и риск воздействия).

Относительно решаемой задачи территориальная система (ТС) является определяющим системным элементом (понятием), определяющим характеристики воздействия или взаимодействия с объектом. Совокупность ТС определяет структуру МТО.

Районирование по системе водосбора.

Местоположение ТС определяется ее положением относительно береговой линии. При этом ТС может располагаться в пределах одной системы водосбора или в пределах нескольких естественных систем водосбора. В этом случае можно представить структуры ТС как совокупность одной или нескольких географических территориальных систем. Например, на рис. 1 ТС G_6 представлена как совокупность: $G_6 = \{k_1 g_{61}, k_2 g_{62}, k_3 g_{63}, k_4 g_{64}\}$, где G_6 – анализируемая ТС, g_i – естественные географические системы водосбора, коэффициент k_i отражает тот факт, что ТС G_6 размещается на части g_i , $k_i \leq 1$.

Аналогично исследуемая территориальная система может быть представлена как совокупность административных подсистем или подсистем по принадлежности.

При этом, анализируемая ТС разбивается на более мелкие подсистемы – g_k . Для каждой подсистемы можно определить информативную характеристику воздействия ω_k . Вся система может быть представлена как совокуп-

Исследование выполнено в рамках государственной работы «Проведение научно-исследовательских работ (фундаментальных научных исследований, прикладных научных исследований и экспериментальных разработок)» базовой части государственного задания Минобрнауки России. Код проекта: 8.6743.2017/8.9

ность выделенных подсистем. Так на рис. 1 представлен пример районирования ТС по целевому признаку $G_v = \{g_{1v}, g_{2v}, g_{3v}, g_{4v}\}$.

В этом случае для каждой выделенной подсистемы в соответствии с ее целевой функцией может быть произве-

ден расчет анализируемой характеристики $g_k = \{\omega k_1, \omega k_2, \omega k_3, \dots, \omega k_m\}$ и получена обобщенная характеристика $\Omega g_k = SUM_m \{\omega k_1, \omega k_2, \omega k_3, \dots, \omega k_m\}$, где SUM_m – оператор суммирования отдельных характеристик составляющих подсистем: $\omega k_1, \omega k_2, \omega k_3, \dots, \omega k_m$.

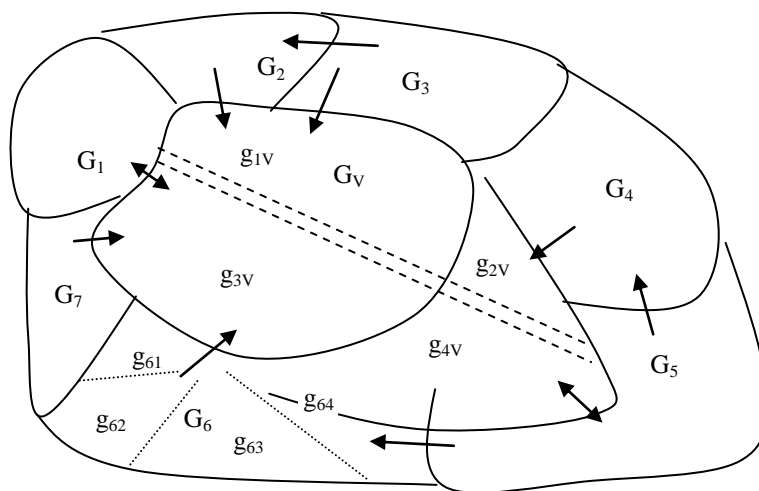


Рис. 1. Пример районирования ТС по целевому признаку

Для получения обобщенных показателей состояния ТС необходимо определить алгоритм объединения показателей отдельных систем с учетом их важности. Для каждой конкретной ТС должна быть определена приоритетная задача (в общем случае задач может быть несколько). Тогда обобщенная характеристика может быть определена как $\Omega G = SUM_k \{g_k = \{\omega k_1, \omega k_2, \omega k_3, \dots, \omega k_m\}\}$, где SUM_k – оператор суммирования характеристик отдельных ТС. Для каждой подсистемы можно, с большой достоверностью, определить ее класс $g_k = \{\omega'k\}$. Вся система может быть представлена как совокупность выделенных подсистем. На рис. 1 приведен пример для анализируемой территории водного объекта ФЗ $G_v = \{g_{1v}, g_{2v}, g_{3v}, g_{4v}\}$.

На рисунке выделено семь административных территорий (подсистем): G_v – анализируемая территория, $G_1, G_2, G_3, G_4, G_5, G_6$ – прилегающие территории.

В этом случае для каждой выделенной подсистемы в соответствии с ее целевой функцией может быть произведен расчет требуемых характеристик, получена обобщенная характеристика, получена оценка риска воздействия на анализируемый водный объект.

Для каждой ТС должны быть определены эталонные характеристики – ГИС-модели, отклонение от которых должно определять степень изменения его состояния – степень его воздействия.

Совокупность ГИС-моделей ТС системы водосбора ВО ФЗ является ГИС-моделью этого водного объекта.

Таким образом, модель территориального объекта (МТО) представляет собой совокупность территориальных систем, входящих в состав этого объекта, и систем, взаимодействующих с объектом, всех территориальных систем, прилегающих к анализируемому объекту.

Оценка взаимодействия ТС, образующих МТО может быть представлена в виде матрицы взаимодействий (взаимных влияний). Характеристики, определяющие взаимное влияние территорий носят векторный характер, т.е. $\vec{r}_{nm} = \{\Omega G_n(\vec{\omega}_{4n}), \Omega G_m(\vec{\omega}_{4m})\}$, где \vec{r}_{nm} – вектор совокупного воздействия ТС G_1 на ТС G_m , $\Omega G_n(\vec{\omega}_{4n})$ и $\Omega G_m(\vec{\omega}_{4n})$ – оценки воздействия соответствующих территорий, $\vec{\omega}_{4n}$ и $\vec{\omega}_{4m}$ – анализируемые характеристики соответствующих территорий.

Для каждой территории может быть определена степень взаимного воздействия. В табл. 1 приведен пример таких оценок для случая, показанного на рис. 1.

В таблице \vec{r}_{nm} – векторная оценка степени влияния территорий друг на друга.

Для территориального объекта «ФЗ» при создании «МТО ФЗ» будем использовать принципы районирования на основе естественного водосбора территорий и принципы административной принадлежности территорий (см. рис. 2). При этом, анализируемая территория представляется как совокупность территорий – g_k (см. выше). В этом случае для каждой анализируемой системы в соответствии с ее целевой функцией может быть получена обобщенная

характеристика

$\Omega G = SUM_k \{g_k = \{\omega k_1, \omega k_2, \omega k_3, \dots, \omega k_m\}, r = \{g_n, g_m\}\}$, где SUM_k – оператор суммирования характеристик отдельных

территорий, входящих в МТО, ω_{km} – оценка степени опасности территории, $r\{\}$ – оператор, учитывающий взаимное влияние территориальных систем друг на друга.

ТАБЛИЦА 1

	G_v	G_1	G_2	G_3	G_4	G_5	G_6	G_7
G_v	1	\vec{r}_{v1}	$-\vec{r}_{v2}$	$-\vec{r}_{v3}$	$-\vec{r}_{v4}$	\vec{r}_{v5}	$-\vec{r}_{v6}$	$-\vec{r}_{v7}$
G_1	\vec{r}_{1v}	1	0	03	0	0	\vec{r}_{16}	0
G_2	\vec{r}_{2v0}	0	1	$-\vec{r}_{320}$	0	0	0	0
G_3	\vec{r}_{3v0}	0	\vec{r}_{23}	1	0	0	0	0
G_4	\vec{r}_{4v}	0	0	0	1	$-\vec{r}_{45}$	0	0
G_5	\vec{r}_{5v}	0	0	0	\vec{r}_{54}	1	\vec{r}_{56}	0
G_6	\vec{r}_{6v}	0	0	0	0	$-\vec{r}_{56}$	1	0
G_7	\vec{r}_{7v}	0	0	0	0	0	0	1

Каждая характеристика может описываться вектором параметров и отражать текущее состояние объекта или его изменение во времени, может отражать влияние одного объекта на другой, протекание различных процессов, быть постоянными или изменяться при определенных условиях (например, зависеть и от метеорологических условий (температуры воздуха, его влажности, атмосферного давления, направления ветра и т. п) и сезонности (наличие ледового покрытия, его толщина и др.).

Обобщенная характеристика с помощью операции суммирования формируется на основе правил объединения различных видов данных в соответствии с алгоритмом суммирования отдельных характеристик составляющих подсистем: $\omega k_1, \omega k_2, \omega k_3, \dots, \omega k_m$ может быть представлена как слой геоданных. [2–4]

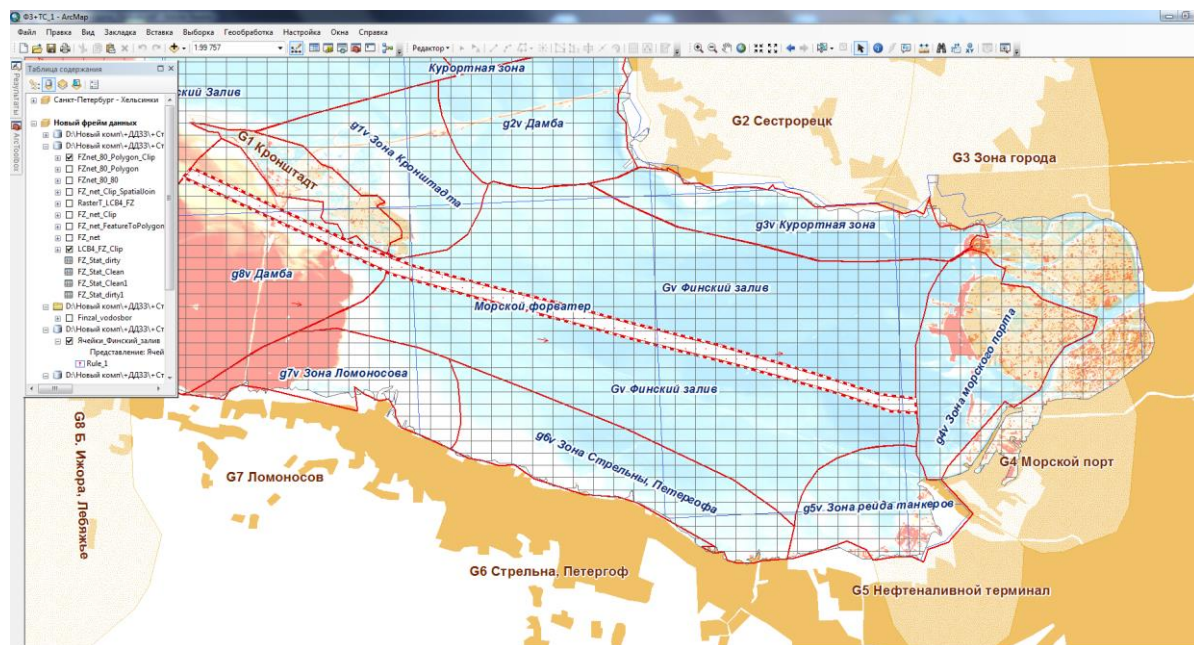


Рис. 2. Пример районирования при создании «МТО ФЗ»

Так, анализируемая территория – территория акватории Финского залива G_v может быть представлена как совокупность подсистем (рис. 2).

Опорная характеристика «Береговая линия» ФЗ является основой, внутренние зоны (территориальные системы) прилегающие к береговой линии ФЗ: g_{1v} – зона Кронштадта, g_{2v} – дамба, g_{3v} – курортная зона (Сестрорецк, Зеленогорск, Репино, Белоостров, Солнечное и т.д.), g_{4v} – зона морского порта, g_{5v} – зона рейда танкеров, g_{6v} – курортная зона (Стрельна, Петергоф), g_{7v} – зона Ломоносова, g_{8v} – дамба. Основные территориальные системы, прилегающие к береговой линии ФЗ различной принадлежности: G_1 – Кронштадт, G_2 – курортная зона (Сестрорецк, Молодежное, Зеленогорск, Репино, Белоостров, Солнечное, Песочное, Се и т.д.), G_3 – зона города, G_4 – морской порт, G_5 – нефтеналивной терминал, G_6 – курортная зона (Стрельна, Петергоф), G_7 – Ломоносов, G_8 – Б. Ижора, Лебяжье.

Для каждой выделенной территории известны опорные характеристики. В качестве опорных характеристик выступают: береговая линия, полученная на основе данных дистанционного зондирования путем анализа спутниковых изображений [1], спектральная опорная характеристика водного объекта.

Спектральная опорная характеристика водного объекта определяется для каждой из подсистем g_{iv} анализируемой территории G_v , входящих в МТО на основе анализа спектральной отражательной способности по данным дистанционного зондирования путем анализа спутниковых изображений [5, 7]. Вся анализируемая территория делится на ячейки, представляющие собой совокупность пикселей. Численными данными, полученные из значений яркости пикселей снимка (канала) являются исходными данными. Для каждой ячейки определяется: среднее значение L_{givo}^{*mean} , максимальное значение L_{givo}^{*max} , минимальное значение L_{givo}^{*min} ; среднеквадратическое отклонение L_{givo}^{*std} .

В результате опорная характеристика каждой ячейки подсистемы g_{iv} может быть представлена как $L_{givo}^* = L_{givo}^{*mean} \pm kL_{givo}^{*std}$, где n – число пикселей ячейки.

На основе полученных данных проводится классификация и выявление зон отклонения от опорной модели. Отклонение может быть выражено как в виде отклонения береговой линии (пересыхание или затопление отдельных участков и как следствие смещение береговой линии), так и в виде загрязнения водной поверхности (разлив нефтепродуктов, эвтрофикация водоема и т.п.).

Также при анализе могут учитываться геометрические и структурные характеристики, например, площадь водного зеркала, температура поверхности, среднегодовой приток концентрации хлорофилла a , соленость, минеральные соединения азота (нитраты и нитриты) и др.

Моделирование направлений ветровых течений в зависимости от направления и скорости ветра может быть использовано при оценке риска воздействия на анализируемый водный объект и оценке степени влияния территориальных систем друг на друга.

Полученная на базе ГИС оценка может быть использована для анализа взаимного влияния административных районов, их опасности, может быть использована для определения политики взаимодействия административных структур на уровне управления хозяйством на этих территориях.

Отметим, что каждая из рассматриваемых ТС также может быть представлена в виде совокупности территориальных подсистем (ТПС) $G_j = \{g_{j1}, g_{j2}, g_{j3}, g_{j4}, \dots\}$. В этом случае для каждой ТС, имеющей свои характеристики, может быть также определена степень взаимодействия, т.е. получена матрица вида таблицы.

Таким образом, рассмотренная модель территориального объекта обеспечивает возможность описания совокупности анализируемых объектов в виде множества опорных параметров, получение обобщенных характеристик объектов, проведение анализа взаимного воздействия природных и техногенных объектов, что является необходимым для решения задач мониторинга, идентификации и прогнозирования развития ситуаций в функционирующих и развивающихся территориальных системах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Алексеев В.В., Минина А.А., Крупко П.И. Дистанционные измерения. Определение опорных характеристик природного объекта // Измерительная техника 2015, № 6, с. 21-25. (Remote Measurements. Determination of Reference Values of the Characteristics of a Natural Object. Alekseev, V.V., Minina, A.A., Krupko, P.I. Year the Document was Publish 2015. Measurement Techniques № 6, 2015, с. 21-25, Show record link row, Other links for this Document View at Publisher | Show abstract).
- [2] Алексеев В.В., Орлова Н.В. ИИС контроля состояния природных объектов. Обеспечение единства измерений при получении оценок на основе контрольных измерений// Приборы. 2010. №2. С. 19-28.
- [3] Алексеев В.В., Орлова Н.В., Иващенко О.А. ИИС контроля состояния природных объектов на основе геоинформационных технологий. Формирование нормированных шкал для простых, сложных и комплексных оценок//Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2010. №8. С. 77-84.
- [4] Алексеев В.В., Орлова Н.В., Иващенко О.А. ИИС контроля состояния природных объектов на основе геоинформационных технологий. Формирование нормированных шкал для простых, сложных и комплексных оценок//Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2010. №9. С. 88-97.
- [5] Использование данных дистанционного зондирования для мониторинга экосистем ООПТ. Методическое пособие / Лабутина И.А., Балдина Е.А.; Всемирный фонд дикой природы (WWF России). Проект ПРООН/ГЭФ/МКИ «Сохранение биоразнообразия в российской части Алтае-Саянского экорегиона». М., 2011. 88 с.
- [6] Курганович К.А., Носкова Е.В. Использование водных индексов для оценки изменения площадей водного зеркала степных содовых озер Юго-востока Забайкалья, по данным дистанционного зондирования. Вестник ЗабГУ №06 (121) 2015
- [7] Комарова А.Ф., Журавлева И.В., Яблоков В.М. Открытые мультиспектральные данные и основные методы дистанционного зондирования в изучении растительного покрова/принципы экологии. 2016. № 1. С. 40-74. DOI:10.15393/j1.art.2016.4922