

Внутренняя структура Цифрового двойника в экологии и природопользовании на примере Калининградской области

Сукманова Т.В. (БФУ им.И.Канта)

Научный руководитель – кандидат географических наук, доцент Белов Н.С.
(БФУ им.И.Канта)

Введение. Цифровой двойник (ЦД) в области экологии и природопользовании представляет собой интегрированную, многомерную виртуальную модель реальной окружающей среды, которая создается с использованием передовых технологий цифровой обработки данных. ЦД может включать в себя множество «слоев» информации, которые описывают состояние экосистемы на различных временных и пространственных масштабах. Внутренняя структура такого цифрового двойника может быть представлена в виде базы данных, географических информационных систем (ГИС), мультиспектральных изображений и др.

Основная часть. Для реализации прототипа ЦД была выбрана территория около п.Коса (Балтийская коса), которая испытывает как природные, так и антропогенные влияния. Поэтому были реализованы 3 сценария развития территории. Для полного представления прототипа ЦД были проведены следующие обязательные этапы, при обновлении ЦД ниже описанные этапы необходимо будет выполнить снова:

1. *Базы данных:* цифровой двойник использует различные типы данных, такие как геоданные, данные датчиков, данные о состоянии объекта, данные об исторической перспективе и т. д., чтобы обеспечить точность и полноту информации. Для создания базы данных исследуемой территории была собрана информация о экологическом состоянии авантюны около п.Коса, проанализированы исторические карты территории для выявления динамики береговой зоны, также были собраны сведения о городской инфраструктуре.

2. *Геоинформационные системы (ГИС):* ГИС используются для создания цифровых карт, планирования маршрутов и определения зон риска при природных катастрофах [1]. Одной из главных особенностей ГИС является возможность проводить пространственный анализ данных. С помощью ГИС можно строить модели пространственных взаимосвязей и прогнозировать изменения в окружающей среде. С помощью ГИС можно контролировать загрязнение воды, земли и атмосферы, а также планировать мероприятия по охране природы, но только в формате 2D и псевдо 3D, это связано со спецификой программного обеспечения (ПО) и также с развитием других программ, направленных на 3D и 4D. Для ЦД прилегающей территории около п.Коса использовались ГИС данные дорожной системы, городских зданий (жилые, административные, туристические), берегоукрепительный сооружений (бигбэги, буны), растительного покрова, ширины пляжа, котловин выдувания и др. необходимые слои данных.

3. *Модель объекта:* цифровой двойник создаёт точную модель объекта, которая содержит всю необходимую информацию о его структуре, функциональности и характеристиках. Модель строится на основе метода фотограмметрии (методика съёмки различных объектов [2]) и дальнейшей обработкой в специализированных программных комплексах: офлайн – Meshroom, Agisoft Metashape, Audesk 3D, Blender и др.; онлайн-Preimage, Las teofly, Luma AI и др. Для создания модели участка был выбран 1 км Балтийской косы, участок подвергается природному и антропогенному воздействию (данная информация была получена из созданной базы данных о объекте). Исходными данными для построения 3D модели послужили снимки с БПЛА (DJI Phantom 4 pro), снятые после серии штормов. Это способствовало для определения начальной точки создания сценариев манипуляции над двойником.

4. *Визуализация*: цифровой двойник предоставляет возможность визуализации объекта или процесса в режиме реального времени, что позволяет быстро обнаруживать проблемы и принимать меры по их устранению. После полученной модели объекта были сделаны 3 варианта развития территории: развитие территории с учетом природоохранных мероприятий, развитие территории без учета природоохранных мероприятий, затопление территории. Прототип ЦД был сделан в специализированном программном комплексе ArcGis, данный комплекс используется для обработки 3D данных.

5. *Интеграция*: цифровой двойник может быть интегрирован с другими системами и технологиями, такими как облачные вычисления, искусственный интеллект, другими ЦД (создавая определенную сеть) и т. д., чтобы обеспечить более эффективную работу объекта или системы. Интеграция данных позволяет связывать пространственные, временные и атрибутивные аспекты информации, что создает более полную и многомерную модель для анализа экосистем. Это способствует обеспечению более глубокого понимания взаимосвязей между различными факторами в окружающей среде и возможностью разработки более точных и эффективных стратегий устойчивого природопользования.

6. *Управление*: цифровой двойник позволяет управлять объектом или системой на основе данных, что позволяет улучшить производительность, снизить затраты и повысить безопасность. Связь между цифровым двойником и реальным объектом означает, что изменения, происходящие в реальном объекте, могут быть отражены в его цифровом двойнике и наоборот.

Выводы. Цифровой двойник в экологии и природопользовании представляет собой инновационный инструмент, который может быть использован для моделирования и анализа воздействия человеческой деятельности на окружающую среду. Внутренняя структура цифрового двойника включает в себя базу данных, алгоритмы обработки информации, 3D моделирование и виртуальную реальность, которые позволяют в реальном времени отслеживать изменения природных ресурсов и их использование. ЦД также может быть использован для прогнозирования последствий изменения климата, анализа рисков для биоразнообразия, оптимизации использования земельных ресурсов и принятия решений в области природопользования. Внутренняя структура цифрового двойника позволяет интегрировать данные различных источников, проводить многомерный анализ и создавать виртуальные среды для тестирования различных сценариев и стратегий управления природными ресурсами.

Список использованных источников:

1. Чекина Е. В. Построение цифровых двойников автомобильных дорог в среде интеллектуальной транспортной геоинформационной системы // IT & Transport/ИТ & Транспорт: сб. науч. статей/под ред. – 2021. – С. 88
2. Белов Н. С. и др. ГИС технологии в океанографии и применение новых технологий в сохранении морского историко культурного наследия. – 2022