



Столыпинский
вестник

Научная статья

Original article

УДК 55

**ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ
ЗАДАЧ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

**THE USE OF DIGITAL TWINS TO SOLVE ENVIRONMENTAL SAFETY
PROBLEMS**

Гусев Андрей Вячеславович, Магистрант, Московский Государственный
Технический Университет им. Н. Э. Баумана, г. Москва

Gusev Andrey Vyacheslavovich, Master's student, Bauman Moscow State
Technical University, Moscow

Аннотация. В данной работе была рассмотрена эволюция информационных систем, которая затрагивает уже практически все научные области. Обозначены основные аспекты цифровых технологий в решении задач экологической безопасности. Показаны механизмы взаимодействия, происходящие внутри экологической системы, а также связи, заложенные пользователем. Дана оценка практическим информационным разработкам в области экологии и техносферной безопасности.

Abstract. In this paper, the evolution of information systems has been considered, which already affects almost all scientific fields. The main aspects of digital technologies in solving environmental safety problems are outlined. The mechanisms of interaction occurring within the ecological system, as well as the

connections laid down by the user, are shown. The assessment of practical information developments in the field of ecology and technosphere safety is given.

Ключевые слова. Искусственная экосистема, цифровые экологические двойники, природные водоемы, экологические симуляторы.

Keywords. Artificial ecosystem, digital ecological twins, natural reservoirs, ecological simulators.

Когда в 1956 году искусственный интеллект (ИИ) был официально объявлен областью исследований, никто бы никогда не предсказал, какое огромное влияние окажет он на нашу повседневную жизнь [2].

Параллельно с непрерывными достижениями в области искусственного интеллекта в последнее десятилетие наблюдалось распространение широкополосной и повсеместной связи, (встроенных) датчиков, собирающих описательные данные высокой размерности, а также усовершенствование методов обработки больших данных и облачных вычислений. Совместное использование таких технологий привело к созданию цифровых двойников – искусственных интеллектуальных виртуальных копий физических и экологических систем.

Технология цифрового двойника (Digital Twin) в настоящее время широко применяется для оптимизации ряда производственных процессов, в то время как в области водоподготовки и водоочистки по всему миру эта технология все еще находится на начальной стадии разработки. Цифровой двойник (DT) - одна из самых многообещающих технологий для реализации интеллектуального производства. Для DT характерна бесшовная интеграция между киберпространством и физическим пространством. Важность DT все больше признается как в академических кругах, так и в промышленности. С момента первоначального предложения концепции DT прошло почти 15 лет. На сегодняшний день многие приложения DT были успешно внедрены в различных отраслях, включая разработку продуктов, производство, прогнозирование и

управление здоровьем, а также в некоторых других областях промышленности [3]

Для реализации цифрового двойника природной экосистемы используются уточненные математические модели, описывающие все физические процессы, происходящие между ее живым населением и другими объектами. Применение математических моделей в реализации подобного рода экосистем заведомо предполагает адекватность в описании кинетики самого процесса и адекватного взаимодействия между обитателями цифрового экологического симулятора.

Разработка экосистемы производилась в специализированной среде программирования – PyChart на высокоуровневом языке – Python.

При выборе математической модели необходимо было придерживаться следующих целей:

- Выяснение механизмов взаимодействия элементов системы.
- Идентификация и верификация параметров модели по экспериментальным данным.
- Оценка устойчивости модели.
- Прогноз поведения системы при различных внешних воздействиях, различных способах управления.
- Оптимальное управление системой в соответствии с выбранным критерием оптимальности.

Помимо непосредственного программирования объектов и установления между ними адекватных физических взаимодействий, необходимо было решать системы дифференциальных уравнений. Их решение происходит в два этапа: получение нулевых оценок кинетических констант и уточнение их. С помощью мониторинга зависимостей процесса можно вычислить интервалы изменения параметров модели. Для решения ОДУ использовались специализированные библиотеки, которые помогли адекватно решить и оценить полученные значения.

Программное описание процесса биологической очистки воды в цифровой экосистеме осуществляется с помощью блочно – модульного построения

уравнений материального баланса. Цифровой процесс водоочистки включает в себя динамику изменения концентраций загрязнений, активного ила и растворенного кислорода [1].

Отличительной особенностью данной интерактивной природной экосистемы является наличие следующих объектов:

- Автотрофы;
 - Водоросли, фотосинтезирующие солнечный свет и углекислый газ, производя при этом питательные вещества и кислород.
 - Трава, вырастая, является источником пищи и кислорода. Также для роста необходимо извлекать азот из песка.
- Травоядные;
 - Дафния – это пресноводный зоопланктон, ключевой вид в экосистеме. Они питаются водорослями и имеют функцию откладывания потомства, которое долгое время может бездействовать. Активность проявляется в большей степени в ночное время суток.
- Хищники;
 - Рыба – питается в основном дафниями, но также могут питаться биопленкой, образующейся на растениях.
 - Золотая рыба – выполняют схожие с обычными рыбами функциями, дышат кислородом, выделяя углекислый газ.
- Бактерии – аэробно разлагают отходы до азота. Очень важные части функционирования экосистемы.

Реализуемый цифровой двойник является инструментом для решения задач экологической безопасности, а также наглядным примером жизнедеятельности искусственной экосистемы, в которой можно менять различные параметры и анализировать получаемые данные. Иными словами, с помощью данного имитационного комплекса можно построить собственную экосистему с любыми исходными данными и вычислить углеродный след от нее. Воспроизведение производится в ускоренном масштабе времени, так как в

действительность процесс жизнедеятельности экосистемы длится в течение продолжительного времени.

Для мониторинга биологической очистки воды используется автоматический счетчик углекислого газа и кислорода внутри цифровой экосистемы. Человек, при управлении цифровым двойником может в режиме реального времени видеть изменение уровня кислорода и углекислого газа, и в зависимости от этого принимать решения для поддержания оптимальной жизнедеятельности системы. Таким образом, данный цифровой двойник включает в себя все основные показатели природной экосистемы и может прогнозировать изменение баланса парниковых газов, что остро стоит на повестке углеродной нейтральности. Разработка подобных практических проектов стоит на стыке двух наук – экологии и информатики, что дополнительно подчеркивает актуальность этих областей науки на сегодняшний день.

Литература

1. Пономарев В.Я., Юнусов Э.Ш., Ежкова Г.О. Математическое моделирование процесса аэробной очистки сточных вод предприятий пищевой промышленности / Вестник Казанского технологического университета. – 2019. №4.- С. 139-145.
2. Васильева М.А. Противодействие расследованию экологических преступлений: некоторые теоретические и практические криминалистические аспекты // International Law Journal. 2021. Т. 4. № 2. С. 9 – 13.
3. Цехла С.Ю., Симченко Н.А. ЦИФРОВОЙ ДВОЙНИК В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫМ ОБЪЕКТОМ // Большая Евразия: развитие, безопасность, сотрудничество. 2020. №3-2.

Literature

1. Ponomarev V.Ya., Yunusov E.Sh., Ezhkova G.O. Mathematical modeling of the process of aerobic wastewater treatment of food industry enterprises / Bulletin of the Kazan Technological University. - 2019. No. 4.- P. 139-145.

2. Vasilyeva M.A. Opposition to the investigation of environmental crimes: some theoretical and practical forensic aspects // International Law Journal. 2021. V. 4. No. 2. P. 9 – 13.
3. Tsekhla S.Yu., Simchenko N.A. DIGITAL TWIN IN THE INDUSTRIAL FACILITY MANAGEMENT SYSTEM // Greater Eurasia: development, security, cooperation. 2020. No. 3-2.

© Гусев А. В. // Научный сетевой журнал «Столыпинский вестник» №6/2022.

Для цитирования: Гусев А.В. И ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ// Научный сетевой журнал «Столыпинский вестник» №6/2022.