

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ПЛАНКТОННЫХ СООБЩЕСТВ: СОЗДАНИЕ СИСТЕМЫ КОМПЛЕКСНОГО МАТЕМАТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Обоснована необходимость изучения планктонных сообществ, которые выступают в качестве индикатора состояния водных экосистем. Дана краткая характеристика основных методов анализа наблюдений. Предложена концепция системы комплексного математического анализа информации, которая призвана облегчить обработку гидробиологических данных.

Охрана среды обитания – одна из важнейших проблем, стоящая перед человечеством. Ее важность обусловлена неустойчивостью взаимоотношений двух глобальных систем – биосферы и человеческого общества. Использование ими одних и тех же ресурсов неизбежно приводит к конкуренции, в результате которой одна из систем берет на себя функцию управления. Биосфера издавна управляла человеком, как и любым другим биологическим видом. Однако в отличие от последних человек обладал разумом, что резко увеличивало его конкурентоспособность. В настоящее время конкурентоспособность человека и биосферы приблизительно равны, и чтобы избежать роковых последствий, необходимо осуществить переход функции управления от биосферы к человечеству [8].

Разумное управление биосферой должно быть основано на научном прогнозе поведения системы в тех или иных условиях. Для проведения подобного прогноза необходимо иметь надежную информацию о состоянии системы в каждый момент времени, а также уметь описывать и оценивать это состояние, для чего требуется регистрировать значения глобальных характеристик биосферы. Однако непосредственная регистрация подобных характеристик – сложный и трудоемкий процесс. Между тем оценить состояние отдельных сообществ относительно просто. Поскольку значимость информации о состоянии того или иного сообщества далеко не равнозначна [8], в биосфере выделяют индикаторные сообщества, а в сообществах – виды-индикаторы [2,11]. При оценке состояния водных экосистем одними из первых на роль такого индикатора претендуют планктонные сообщества [10,11].

Методы описания состояния планктонных сообществ [8,10] можно разделить на три группы:

- динамическое моделирование;
- исследование структуры сообществ путем построения матриц взаимодействия;
- различные статистические методы анализа гидробиологических данных.

Суть динамического моделирования заключается в описании отдельных процессов, происходящих в моделируемой системе в виде дифференциальных, конечно-разностных и алгебраических уравнений. Система уравнений представляет собой математическую модель той физической системы, чьи процессы она описывает. Математическое моделирование имеет смысл, если между моделью и исследуемым процессом сохраняются аналогия и подобие. На практике при моделировании биологических систем конструируется особый идеальный объект, заменяющий собой объект реальный. Сложная система упрощается путем отбрасывания элементов связей, кажущихся нам менее существенными, а также за счет упрощения оставшихся связей. Вопрос о существенности конкретных связей решает не сам автор модели, а специалист-биолог, хорошо знакомый с моделируемой системой. Однако биолог понимает, что он пользуется результатами исследования моделируемой системы, произведенными его подсознанием и дополненными собственными субъективными представлениями, научными симпатиями и антипатиями и не всегда оправданными аналогиями. В итоге получают некоторые показатели системы и ее динамики, которые у различных исследователей могут отличаться. Подобные несоответствия приводят к осознанию относительности динамического подхода и неудовлетворенности им.

При построении матрицы взаимодействия каждому ее элементу a_{ij} приписывается величина силы влияния j -ой популяции на i -ую. В общем случае силу влияния можно рассматривать как реакцию плотности i -ой популяции на изменение плотности j -ой. Количественное определение сил влияния в отдельных сообществах – весьма сложная задача. Проще приписывать силе определенный знак: плюс, минус или ноль, тогда такой матрице можно поставить в соответствие знаковый ориентированный граф [6]. Для построения знаковой матрицы достаточно найти в литературе данные о трофическом взаимодействии видов в сообществе, на основании которых элементу, описывающему влияние хищника на жертву, присвоить знак минус, жертву на хищника – знак плюс и т.п. Все же наиболее информативным будут численные показатели сил влияния. Однако для построения подобной матрицы необходимо знать индивидуальные особенности данной экосистемы и иметь достаточное количество информации по динамике популяций в конкретных условиях и в исследуемый промежуток времени. Такая работа требует переработки огромного массива первичных данных, которые практически недоступны для непосредственного обозрения. Следовательно, из всей имеющейся информации необходимо выделить наиболее ценную, не избыточную часть. Для решения подобной задачи необходим статистический анализ исходных данных.

Приступая к комплексному анализу планктонного сообщества, необходимо прежде всего располагать достаточным количеством первичных гидробиологических данных. Желательно, чтобы эти данные представляли результаты измерений, проведенных по стандартизованным методикам. В случае различия методов первичную информацию следует привести к некой единой методике, основываясь на погрешностях измерений. Подобные данные должны быть организованы в единую информационную систему (компьютерный банк данных). В настоящее время такие системы уже созданы или создаются [1,3,12]. После создания банка данных следует обеспечить удобное средство комплексного анализа извлеченной информации. Существующие в настоящий момент компьютерные оболочки [5,12], не обеспечивают необходимого уровня обработки.

Для упрощения и автоматизации процесса статистической обработки в предлагаемой работе описываются структура и назначение модулей системы комплексного математического анализа гидробиологической информации (СКМАГИ), которая создается автором. Система состоит из трех модулей: (1) модуля предварительной обработки данных, (2) модуля элементарного статистического анализа, (3) модуля многомерного статистического анализа.

Накопленную совокупность гидробиологических данных нельзя обрабатывать сразу. Среди анализируемых параметров попадаются так называемые "отскакивающие" элементы, которые не входят в диапазон допустимых значений и могут сильно исказить картину распределения [9]. Для удаления подобных элементов предназначен модуль (1), который позволяет также производить образный анализ данных [4]. Для отбора информативных признаков при очень большом массиве параметров не всегда резонно использовать компьютер, так как автоматический отбор подобных признаков связан с перебором, сложность которого экспоненциально возрастает с ростом числа исходных компонент. При образном анализе компьютер используется для формирования различных контурных, цветовых, графических представлений информации, а человек визуально выявляет и описывает информативные признаки и образы классов, подбирая в диалоге с компьютером наиболее подходящее представление. Таким образом происходит распределение обязанностей: машина предоставляет визуальную информацию, а человек ее анализирует. Если основная цель – решение задачи, то такое распределение функций значительно облегчает и ускоряет процесс решения.

Методы модуля многомерного статистического анализа можно разделить на две основные группы: первая включает анализ структуры данных, а вторая решает задачу выявления связи между двумя системами переменных. В первом случае все переменные в массиве данных изначально полагаются равноправными и анализируется структура взаимного расположения объектов в пространстве переменных. Сюда относятся корреляционный, факторный и спектральный анализы, а также различные процедуры

кластерного анализа. Во втором случае все множество переменных разделяется на две системы – зависимую и независимую, или объясняемую и объясняющую – и задачей анализа является изучение связи между этими двумя системами. К таким методам относят канонический, регрессионный, дискриминантный и дисперсионный анализы, а также задачи распознавания образов, классификации и прогнозирования, одним из методов решения которых является нейронная сеть [7].

С точки зрения описания структуры планктонных сообществ наибольший интерес представляет первая группа методов, в то время как вторая часто находит применение в других отраслях биологии.

В результате обработки исходных планктонологических данных с помощью СКМАГИ, исследователь получит информацию об исследуемой системе уже не на элементарном, а на системном уровне, которую можно использовать для выделения характерных типов сообществ и уточнения их характеристик в тех или иных условиях. Оценка полученной информации совместно с гидробиологами, хорошо знающими ту или иную акваторию и динамику населяющего ее сообщества, позволит определить границы "нормального" и "патологического" состояния сообщества. По состоянию индикаторного сообщества можно будет оценить состояние всей экосистемы в целом.

Автор искренне благодарит за помощь Ханайченко Н. Н., Сеничкину Л. Г. и Игнатьева С. М.

1. Алтухов Д. А. Видовое разнообразие фитопланктона Черного моря: методические рекомендации по созданию базы данных // Экология моря. – 2000. – Вып. 52. – С. 79 - 82.
2. Бурдин В. С. Основы биологического мониторинга. – М.: Изд-во ЛГУ, 1985. – 185 с.
3. Владимиров В. Л., Мирошниченко В. В., Мишионов А. В. Комплексный банк данных Азово-Черноморского бассейна // Комплексные экологические исследования Черного моря. Сб. научн. трудов. – Севастополь: МГИ НАНУ, 1995. – С. 198 - 205.
4. Гришин В. Г. Образный анализ экспериментальных данных. – М.: Наука, 1982. – 240 с.
5. Долотов В. В. Информационно-поисковая система для хранения океанографической информации // Комплексные экологические исследования Черного моря. Сб. научн. трудов. – Севастополь: МГИ НАНУ, 1995. – С. 206 - 212.
6. Логофет Д. О. К вопросу о качественной устойчивости // Журн. общ. биологии. – 1978. – 36, вып. 6. – С. 817 - 822.
7. Лях А. М. О применимости нейронных сетей к оценке первичной продукции фитопланктона в Черном море // Экология моря. – 2000. – Вып. 52. – С. 87 - 89.
8. Михайловский Г. Е. Описание и оценка состояний планктонных сообществ. – М., 1988. – 214 с.
9. Тьюки Дж. Анализ результатов наблюдений. Разведочный анализ. – М.: Мир, 1981. – 694 с.
10. Федоров В. Д. О методах изучения фитопланктона и его активности. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1979. – 166 с.
11. Эрджард Ж. П., Сежсен Ж. Планктон. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 256 с.
12. NATO TU-Black Sea project: Symp. on sc. results. (Crimea, Ukraine, June 15-19, 1997). – [Erdeмли], 1997. – 179 p.

Институт биологии южных морей НАНУ,
г. Севастополь

Получено 21.09.2000

А. М. ЛЯХИ

METHODS OF ESTIMATION OF PLANKTON COMMUNITIES STATE: CREATION OF A SYSTEM OF A HYDROLOGICAL INFORMATION COMPLEX CALCULUS

Summary

The necessity of learning of plankton assemblages, which represent itself as the indicator of a state of water ecosystems, has substantiated. The brief characteristic to basic methods of the observations analysis has given. The concept of the system of a complex calculus, which is invoked to facilitate hydrobiological data processing of the information, has offered.