



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ**

ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра "Технические средства аквакультуры"

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ
ДЛЯ СТУДЕНТОВ-ЗАОЧНИКОВ
по дисциплине:**

**Биоэкономическая эффективность технологий
в рыбном хозяйстве**

Ростов-на-Дону

2022

Составитель: ст. пр. Коханов Ю.Б.

УДК 62, 66; 67.01-08

Методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов-заочников по дисциплине «Биоэкономическая эффективность технологий в рыбном хозяйстве» для студентов 4-го курса направления 35.03.08 «Водные биоресурсы и аквакультура» / Ростов-на-Дону, 2022, 18с.

Печатается по решению методической комиссии факультета «Агропромышленный».

Научный редактор д.т.н., профессор Е.Н. Пономарева

© Издательский центр ДГТУ, 2022

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 1

Тема: использование корреляционного анализа для выявления экосистемных связей

Цель: научиться выделять экосистемные связи в Черноморской экосистеме

Краткие теоретические сведения

Океанографические процессы с их всеобщим воздействием могут служить хорошей основой для построения многоплановых моделей мониторинга и эксплуатации морских экосистем. Зависимости в системе "среда-биота" формируют связующее звено между абиотическим и биотическим блоками модели экосистемы, т.е. между гидрометеорологическими процессами с одной стороны и биопродуктивностью вод, биологическим состоянием и поведением рыбы.

Актуальность этой задачи обусловлена недостаточной изученностью механизмов функционирования черноморской экосистемы, влияния абиотических процессов на урожайность и поведение основных промысловых рыб и необходимостью повышения эффективности промысловых прогнозов различной заблаговременности.

Решение задачи на основе комплексного экосистемного подхода актуально так же и с точки зрения совершенствования технологии исследования взаимодействий морских организмов со средой обитания и связанных с этим возможностей их добычи.

Построение рыбопромысловых моделей по типу внутривидовых, основанных на динамике численности популяции, неизбежно приводит к значительной неадекватности реальным процессам в гидросфере, которые протекают в тех или иных условиях среды. Кроме того, они не могут удовлетворить интересы промысла, так как являются основой только перспективных прогнозов.

Измеренные или вычисленные океанографические характеристики, описывающие состояние водных масс и морских экосистем, имеют пространственно-временное распределение. Именно в этих четырех измерениях принято анализировать происходящие изменения. Однако биологические процессы зависят не от времени и места событий, а от физических и химических процессов в окружающей среде.

Множественный коэффициент корреляции характеризует тесноту линейной связи между одной переменной и совокупностью других рассматриваемых переменных. Особое значение имеет расчет множественного коэффициента корреляции *результативного признака* y с *факторными* x_1, x_2, \dots, x_m , формула для определения которого в общем случае имеет вид:

$$R_{y|x_1x_2\dots x_m} = \sqrt{1 - \frac{\Delta_r}{\Delta_{11}}}, \quad [1.1]$$

где Δ_r – определитель корреляционной матрицы; Δ_{11} – алгебраическое дополнение элемента r_{yy} корреляционной матрицы.

Если рассматриваются лишь два факторных признака, то для вычисления множественного коэффициента корреляции можно использовать следующую формулу:

$$R_{y|x_1x_2} = \sqrt{\frac{r_{x_1y}^2 + r_{x_2y}^2 - 2r_{x_1x_2}r_{x_1y}r_{x_2y}}{1 - r_{x_1x_2}^2}} \quad [1.2]$$

Построение множественного коэффициента корреляции целесообразно только в том случае, когда частные коэффициенты корреляции оказались значимыми, и связь между результативным признаком и факторами, включенными в модель, действительно существует.

$$R^2_{y|x_1x_2\dots x_m} \equiv R^2, \quad [1.3]$$

Квадрат множественного коэффициента корреляции (1.3) называется *множественным коэффициентом детерминации*; он показывает, какая доля дисперсии результативного признака y объясняется влиянием факторных признаков x_1, x_2, \dots, x_m . Формула для вычисления коэффициента детерминации через соотношение остаточной и общей дисперсии результативного признака даст тот же результат.

Множественный коэффициент корреляции и коэффициент детерминации изменяются в пределах от 0 до 1. Чем ближе к 1, тем связь сильнее и, соответственно, тем точнее уравнение регрессии, построенное в дальнейшем, будет описывать зависимость y от x_1, x_2, \dots, x_m . Если значение множественного коэффициента корреляции невелико (меньше 0,3), это означает, что выбранный набор факторных признаков в недостаточной мере описывает вариацию результативного признака либо связь между факторными и результативной переменными является нелинейной.

Значимость множественного коэффициента корреляции и коэффициента детерминации проверяется с помощью критерия Фишера.

Выполнение работы

Задание 1.

1. Для анализа представленных данных и выявления экосистемных связей представлены следующие данные:

Фв — значения биомассы фитопланктона.

Зв — значения биомассы зоопланктона

Дв, Рв — биомассы фитопланктона диатомовых и перидиниевых видов.

Н — показатель уровня разнообразия в видовом составе клеток фитопланктона.

М1, М2 — величины биомассы медуз (*A. aurita*) в Черном море в млн т по съёмкам.

Вх, Зх — Общий вылов хамсы в Черном море во время зимней путины и ее запас.

Зш — запас черноморского шпрота.

Тб — среднегодовая температура в порту Батуми — показатель теплового фона восточной половины Черного моря.

q — значения фактического пресного стока, км³.

Q — безвозвратное водопотребление, км³/

A_{00} , A_{01} , A_{10} — коэффициенты разложения поля приземного атмосферного давления по полиному Чебышева, где A_{00} характеризует среднее атмосферное давление, A_{01} — зональные переносы, A_{10} — меридиональные переносы.

2. Используя инструменты анализа данных пакета MS OFFICE EXCEL выполнить корреляционный анализ для установления тесноты связи между рядами данных. Для этого поочередно вычислить коэффициенты корреляции Пирсона между абиотическими и биотическими показателями экосистемы.

3. По полученным результатам сделать выводы о полученных связях между абиотическими и биотическими показателями черноморской экосистем

Задание 2.

1. Вычислить парные коэффициенты корреляции для имеющихся данных.

2. Проанализировать полученные результаты и сравнить их с полученными в предыдущем расчете. Объяснить полученные различия.

Задание 3.

1. Вычислить множественные коэффициенты корреляции для имеющихся данных.

2. Проанализировать полученные результаты и сравнить их с полученными в предыдущих расчетах. Объяснить полученные результаты.

3. По результатам выполненного анализа составить итоговую таблицу, в которую внести названия исследуемых параметров экосистемы и значения вычисленных коэффициентов корреляции.

Вопросы для самоконтроля:

1. Задачи линейного корреляционного анализа.
2. Свойства коэффициента корреляции Пирсона.
3. Частные коэффициенты корреляции.
4. Множественные коэффициенты корреляции.
5. Обоснуйте необходимость применения корреляционного анализа при изучении морских экосистем.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 2

Тема: использование множественного регрессионного анализа для исследования состояния экосистемы и прогнозирования значений параметров морских экосистем

Цель: научиться проводить анализ и интерпретировать результаты множественного регрессионного анализа

Краткие теоретические сведения

Океанографические процессы с их всеобщим воздействием могут служить хорошей основой для построения многоплановых моделей мониторинга и эксплуатации морских экосистем. Зависимости в системе "среда-биота" формируют связующее звено между абиотическим и биотическим блоками модели экосистемы, т.е. между гидрометеорологическими процессами с одной стороны и биопродуктивностью вод, биологическим состоянием и поведением рыбы.

Актуальность этой задачи обусловлена недостаточной изученностью механизмов функционирования черноморской экосистемы, влияния абиотических процессов на урожайность и поведение основных промысловых рыб и необходимостью повышения эффективности промысловых прогнозов различной заблаговременности.

Решение задачи на основе комплексного экосистемного подхода актуально с точки зрения совершенствования технологии исследования взаимодействий морских организмов со средой обитания и связанных с этим возможностей их добычи.

Построение рыбопромысловых моделей по типу внутривидовых, основанных на динамике численности популяции, неизбежно приводит к значительной неадекватности реальным процессам в гидросфере, которые протекают в тех или иных условиях среды. Кроме того, они не могут удовлетворить интересы промысла, так как являются основой только перспективных прогнозов.

Измеренные или вычисленные океанографические характеристики, описывающие состояние водных масс и морских экосистем, имеют пространственно-временное распределение. Именно в этих четырех измерениях принято анализировать происходящие изменения. Однако биологические процессы зависят не от времени и места событий, а от физических и химических процессов в окружающей среде.

A_{00} , A_{01} , A_{10} — коэффициенты разложения поля приземного атмосферного давления по полиному Чебышева, где A_{00} характеризует среднее атмосферное давление, A_{01} — зональные переносы, A_{10} — меридиональные переносы.

Соленость вод моря как важнейший абиотический фактор среды в значительной мере прямо и косвенно определяет состояние экосистемы моря. Например, Азовское море относится к солоноватоводным водоемам и по существу представляет собой большую зону смешения речных и черноморских вод. Небольшие размеры Азовского моря и его мелководность являются причиной высокой изменчивости солености.

Уравнение множественной регрессии.

Основная цель множественной регрессии – построить модель с большим числом факторов, определив при этом влияние каждого из них в отдельности, а также совокупное их воздействие на моделируемый показатель.

С помощью онлайн-калькулятора можно найти следующие показатели:

- уравнение множественной регрессии, матрица парных коэффициентов корреляции, средние коэффициенты эластичности для линейной регрессии;
- множественный коэффициент детерминации, доверительные интервалы для индивидуального и среднего значения результативного признака;

При вычислении параметров уравнения множественной регрессии используется матричный метод. Для множественной регрессии с двумя переменными ($m = 2$), можно воспользоваться методом решения системы уравнений.

Построение уравнения множественной регрессии начинается с решения вопроса о спецификации модели, который в свою очередь включает 2 круга вопросов: *отбор факторов и выбор уравнения регрессии*.

Отбор факторов обычно осуществляется в два этапа:

1. теоретический анализ взаимосвязи результата и круга факторов, которые оказывают на него существенное влияние;
2. количественная оценка взаимосвязи факторов с результатом. При линейной форме связи между признаками данный этап сводится к анализу корреляционной матрицы (матрицы парных линейных коэффициентов корреляции). Научно обоснованное решение задач подобного вида также осуществляется с помощью дисперсионного анализа – однофакторного, если проверяется существенность влияния того или иного фактора на рассматриваемый признак, или многофакторного в случае изучения влияния на него комбинации факторов.

Факторы, включаемые во множественную регрессию, должны отвечать следующим требованиям:

1. Они должны быть количественно измеримы. Если необходимо включить в модель качественный фактор, не имеющий количественного измерения, то ему нужно придать количественную определенность.

2. Каждый фактор должен быть достаточно тесно связан с результатом (т.е. коэффициент парной линейной корреляции между фактором и результатом должен быть существенным).

3. Факторы не должны быть сильно коррелированы друг с другом, тем более находиться в строгой функциональной связи (т.е. они не должны быть интеркоррелированы). Разновидностью интеркоррелированности факторов является мультиколлинеарность – тесная линейная связь между факторами.

Оценка значимости уравнения множественной регрессии осуществляется путем проверки гипотезы о равенстве нулю коэффициент детерминации рассчитанного по данным генеральной совокупности. Для ее проверки используют F-критерий Фишера.

Выполнение работы

1. Запустить электронный калькулятор:
<https://math.semestr.ru/regress/corel.php>.
 2. Прочитать и изучить теоретический материал.
 3. Перейти к онлайн решению своей задачи.
- Вначале необходимо сформировать массив четырех переменных (S_a , A_{00} , A_{01} , A_{10}) – среднегодовых значений с 1960 по 2016 годы (57 значений). Учитывая долговременные тенденции изменений солености Азовского моря и показателей атмосферной циркуляции массив переменных надо разделить на две части: до 1989 года (30 значений) и после (27 значений), которые соответствуют предыдущему и текущему принятым климатическим периодам.
 - Для оценки зависимости средней солености моря ($S_a - Y$) от каждого из показателей атмосферной циркуляции ($X - A_{00}, A_{01}, A_{10}$) использовать множественный линейный регрессионный анализ, в котором предикторами (факторами) будут служить ряды значений одного из показателей с различными (пошаговыми) величинами упреждающего сдвига (по 5 факторов-сдвигов в каждом эксперименте). Корреляционные испытания полного ряда (57 значений) проводить трижды - для группировок факторов со сдвигами 1-5 ($X_1 - X_5$), 6-10 ($X_6 - X_{10}$) и 11-15 ($X_{11} - X_{15}$) лет.
 - Оценить также и параметры множественной регрессии синхронизированных рядов солености и трех показателей циркуляции атмосферы исследуемых периодов.
 - Предикторы со значимыми парными коэффициентами корреляции объединить в одну модель множественной регрессии S_a и факторов со сдвигами одного из показателей атмосферной циркуляции – A_{00} или A_{01} или A_{10} .

- Одиночные значимые коэффициенты парной корреляции пересчитать как уравнения линейной регрессии вида $y=a+bx$.

За достоверные принять статистически значимые связи с уровнем значимости $\alpha \leq 0.05$ по таблице Стьюдента. Статистическую значимость уравнения регрессии проверять с помощью коэффициента детерминации и критерия Фишера.

В анализе полученных результатов использовать только статистически значимые связи и регрессионные уравнения. Из модели исключались статистически значимые факторы, имеющие низкие (≤ 0.01) коэффициенты раздельной детерминации. Результаты расчетов оформить в виде таблицы (табл. 1).

Вопросы для самоконтроля:

1. Задачи множественного регрессионного анализа.
2. Перечислите этапы проведения множественного регрессионного анализа.
3. На чем основано построение рыбопромысловых моделей?

Таблица 1 – Параметры статистически значимых моделей (уравнений множественной линейной регрессии)
прогнозирования солёности Азовского моря (Y)

№ модели	Предиктор (Xn)	Упреждающий сдвиг (n лет)	Коэф. парн. коррел. (Rn)	Коэф. множ. коррел. (Rn)	Коэф. раздель. детерм. предикт. (d)	Коэф. детерм. модели (D)	Регрессионное уравнение модели					
							Прогноз					
I	A₀₀₋₆	6										
	A ₀₀₋₇	7										
	A₀₀₋₉	9										
	A ₀₀₋₁₂	12										
	A ₀₀₋₁₃	13										
	A₀₀₋₁₄	14										
	A ₀₀₋₁₅	15										
II	A ₀₁₋₀	0										
	A ₀₁₋₁	1										
III	A ₀₀₋₉	9										
	A₀₀₋₁₀	10										
IV	A ₀₁₋₁₀	10										
	A ₀₁₋₁₁	11										
	A₀₁₋₁₂	12										

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 3

Тема: Моделирование регулирующих воздействий на водные живые ресурсы

Цель: Научиться определять общий допустимый уровень улова водных живых ресурсов для обеспечения устойчивого равновесия

Краткие теоретические сведения

Нерегулируемое рыбное хозяйство характеризуется неустранимой тенденцией эксплуатации рыбных ресурсов на более высоком, чем общественно эффективный уровень, означая, что уровни деятельности слишком высоки и таким образом экономические ренты/доходы от эксплуатации рыбного хозяйства растрачиваются впустую. Основными методами регулирования для приведения фактической эксплуатации ресурса ближе к эффективному уровню, которые используются для этой цели, являются прямые ограничения, налоги и квоты.

Наиболее часто используемыми видами прямых ограничений являются лимиты на рыболовную деятельность, в частности, ограничения на факторы производства для рыболовства и лимиты на инвестиции в рыбохозяйственные производственные мощности. Примерами таких ограничений являются лимитирование количества дней, которые можно проводить с рыболовными целями в море; ограничения на мощности двигателей и емкостей судов. Проблема с этими видами ограничений состоит в том, что они не меняют факта, что рыбные ресурсы остаются объектом открытого доступа.

Объяснение избыточной рыбопромысловой деятельности в условиях свободного доступа к ресурсам связано с внешними обстоятельствами. Каждый рыболов, внося свой вклад в общую рыболовецкую деятельность, вызывает образование издержек для других рыбаков, поскольку истощает рыбные ресурсы и затрудняет добычу определенного количества рыбы. Тем не менее, каждый отдельный рыбак не несет ответственности за эти внешние издержки – таким образом уровень деятельности превышает общественно допустимый уровень. Орган, регулирующий рыболовство, должен найти способ, который побудит ли бы рыбаков вести себя так, как будто эти внешние издержки возложены непосредственно на них самих, что сократит их деятельность до общественно эффективного уровня.

Одним из приемов является налогообложение либо уровня деятельности, либо уровня улова. Налог на уровень рыболовецкой деятельности вызовет повышение стоимости рыболовного промысла и может теоретически привести к эффективному уровню промысла. Одним из путей реализации такого налога является взимание лицензионной платы, которая вносится до выдачи разрешения на ловлю.

Наложение лицензионной платы означает, что кривая общих расходов сдвигается вверх до позиции, обозначенной буквами $cE+LF$ (cost of effort + licence fee). Теперь уровень деятельности, при котором прибыли от рыболовства равны нулю – равновесие при открытом доступе – равен E^* , т.е., общественно эффективный уровень. Ренты/доходы от рыболовства эффективно выделяются в виде лицензионной платы. Снижение уровня деятельности объясняется тем фактом, что рыболовы, являющиеся причиной максимальных издержек, более не находят привлекательным занятие промыслом, где необходимо платить лицензионный сбор.

Выполнение работы

1. Выполнить количественный экономический анализ эксплуатации водных живых ресурсов. Построить простую модель, которая использовать моделирование для количественного экономического анализа, чтобы определить меры политики или их сочетание, в результате которых можно получить максимальную чистую устойчивую выгоду от рыбного промысла.

- Для этого нам необходимо смоделировать характеристики прироста популяции рыб, чтобы потом рассчитать эффекты различных стратегий добычи и воспроизводства рыбы.
- Затем необходимо учесть расходы и доходы, и проблемы утраченных мест нереста для определения эффективного ОДУ и объем целесообразных инвестиций в рыбопитомники для компенсации ограниченного естественного воспроизводства.
- И наконец, мы рассмотрим, каким образом можно справедливо разделить ОДУ между разными странами, имеющими доступ к рыбным ресурсам.

1.1 Моделирование репродукции ресурса рыб

Базовая функция прироста, рассчитывается по формуле:

$$\text{Growth} = rS(1 - \frac{S}{C}), \quad [3.1]$$

где r – истинный коэффициент прироста, S – существующий уровень ресурса, C – емкость естественной среды обитания, которая служит ограничителем для прироста запасов. При приближении S к C выражение в скобках приближается к нулю и рост останавливается. Такая функция имеет кривую S-образной формы.

Предположим, что емкость среды обитания составляет 3000 тонн и истинный коэффициент прироста 20%.

- Построить график изменения запаса рыбы при его приросте. Взять период протяженностью 15 лет. Начальное значение ресурса – 5 тонн.
- Используя исходные данные рассчитать и построить функцию прироста рыбного ресурса, изобразить ее на графике. Должна быть показана сумма прибавляемая к каждому общему размеру запаса для каждого уровня запаса ресурса.

Кривая показывает, что максимальная величина увеличения запаса в любой период составляет около 150 тонн. Такая величина называется «максимально устойчивая добыча» (МУД) рыбного ресурса, поскольку это максимальный прирост рыбного запаса, который умозрительно может быть получен на постоянной основе и который не приведет к истреблению рыбного ресурса. Рыбный ресурс находится в состоянии биологического равновесия, когда отсутствует тенденция к его изменению, другими словами, когда прирост ресурса составляет ноль. Такое явление происходит, когда уровень ресурса либо находится на уровне ресурсоемкости, либо когда он равен нулю.

Полученные графики являются результатом моделированием прироста рыбного ресурса в естественной среде. Для того чтобы использовать такие модели и области управления рыбными ресурсами нам необходимо смоделировать, каким образом меняются рыбные ресурсы в результате их добычи.

Для такого анализа на фоне естественного уровня прироста запасов надо ввести различные уровни добычи, чтобы определить ее эффект во временной перспективе. Тогда можно показать, каким образом добыча будет воздействовать на рыбный ресурс посредством учёта эффекта определенного уровня добычи на прирост рыбного запаса.

- Построить прямую биоэкономического равновесия в модели рыбного промысла. На рисунке показать, каким образом будет меняться уровень ресурса с данного стартового уровня в ответ на определенный уровень добычи. Если уровень добычи ниже уровня прироста рыбного ресурса, то ресурс будет увеличиваться и наоборот. Только в том случае, если добыча равна уровню прироста, система находится в биоэкономическом равновесии.

При построении прямой необходимо учесть, что существуют два уровня ресурса, когда отмечается такая ситуация, это S_1 and S_2 при уровнях ресурса выше S_2 добыча превышает прирост, и уровень ресурса понижается. При уровнях ресурса между S_1 и S_2 прирост ресурса выше, чем уровень добычи потому уровень ресурса повышается. При уровнях ресурса ниже S_1 добыча превышает прирост, и уровень ресурса сокращается. Мы видим, что если S_2 – «стабильное равновесие», то S_1 – не стабильное равновесие.

Если бы система находилась на S_1 и существовала бы какая-то причина, то под воздействием сил системы уровень еще больше отклонялся бы от равновесия ресурса – к нулю при сокращении уровня ресурса и к S_2 при его увеличении.

Если бы с другой стороны система находилась на S_2 , то любое колебание уровня ресурса было бы корректируемым: при повышении уровня ресурса, прирост сокращается до уровня ниже уровня добычи, сокращая уровень запаса и наоборот. Такое явление показать на диаграмме стрелочками.

- На самом деле необходимо учитывать тот факт, что рыбе необходимо время для достижения зрелости. Поэтому можно использовать более сложную функцию:

$$G = (gS_{1-15} + yS_1) \left(1 - \frac{S_1}{C}\right), \quad [3.2]$$

где g – вес, прибавляемый к каждому килограмму ресурса, существовавшего 15 лет назад, y – истинный коэффициент прироста зрелого запаса рыбы. Примем, что рыбе для достижения половозрелости необходимо 15 лет, ее вес в этом возрасте достигает 15 кг, рыба производит 10000 икринок на кг веса, нерестится каждые 12 лет и 15,5% икринок выживает и превращается в сеголеток. Из 1000 сеголеток выживает и достигает зрелости только один. Внутренний коэффициент прироста зрелой стаи составляет 10%. Формула для расчета прироста будет выглядеть:

$$G = 1,3S_{1-15} + 0,1S_1 \left(1 - \frac{S_1}{C}\right), \quad [3.3]$$

Построить график прироста рыбных запасов после изменений функции прироста.

- Проанализировать полученные результаты, представленные в виде графиков. Предложить варианты сохранения биоэкономического равновесия системы.

Вопросы для самопроверки:

1. Какая информация закладывается в модели расчета роста запасов водных живых ресурсов?
2. Обоснуйте необходимость применения моделей в рыбном хозяйстве.
3. Как достичь равновесия в эксплуатируемых экосистемах?