



Моделирование и формализация

- Подходы к моделированию
- Различные виды моделирования
- Математическое моделирование и компьютеры
 - Моделирование при предположении, что устройство объекта известно.
 - Имитационные модели
- Описание программы Эко





Подходы к моделированию

Различные виды моделирования

Моделирование, как следует из самого названия – это исследование некоторого объекта, системы объектов или процесса с помощью некоторых искусственных объектов, систем объектов или приемов, подменяющих интересующие исследователя предметы исследования. Что такое объект, мы пояснять не будем, системы объектов исследуются, когда в этих системах объекты находятся в какой-то зависимости друг от друга. Процессы – это поведение объектов или систем объектов с течением времени.

Основные методы исследования с помощью моделирования следующие.

Натурное моделирование. Поясним его содержание на примере. Требуется определить, за сколько часов автомобиль некоторой марки АА доедет до города NN, если до города NN 150 км, а скорость АА постоянна и равна 50 км/час.

Для натурного эксперимента нужно взять автомобиль марки АА, поставить его на шоссе в точке в 150 км от NN и направить в NN со скоростью, равной 50 км/час. Разумеется, при этом замерить время.

Другой пример: необходимо определить толщину брони, пробиваемой некоторым снарядом. Для этого можно поставить пушку, установить листы брони (возрастающей толщины) и стрелять по ним, пока листы не перестанут пробиваться.

Таким образом, натурное моделирование состоит в возможно более точном воспроизведении исследуемого явления, с фиксацией (измерением и т.д.) интересующих нас данных. Натурное моделирование во многом совпадает с физическим экспериментом.

Недостатки натурного моделирования – дороговизна (по сравнению с другими методами, когда последние существуют) и, во многих случаях, невозможность натурного моделирования многих явлений (например, землетрясений). При этом натурное моделирование широко применяется тогда, когда является недорогим, быстрым или для явления не разработано подходящих математических методов.

Аналоговое моделирование. Оно означает создание аналоговой модели исследуемого явления и условий для исследования этой аналоговой модели. При аналоговом моделировании объекты, подлежащие исследованию, заменяются другими объектами. Про эти заменяющие объекты предполагается, что они ведут себя в отношении интересующих исследователя явлений так же, как и первоначальный объект.

Например, при исследовании движения автомобиля АА из п.1, можно использовать какой-либо другой объект, способный двигаться со скоростью 50 км/час по шоссе (скажем, мотоцикл): предполагается, что на время достижения объектом города NN влияет именно скорость, а все остальное (вес, размеры и т.д.)

Другой пример: поведение самолета в полете можно рассматривать на его модели,





продуваемой скоростным потоком воздуха в специальной аэродинамической трубе.

Преимуществом аналогового моделирования является, во многих случаях, сравнительная дешевизна по сравнению с натурным моделированием, скорость постановки экспериментов и сама возможность постановки экспериментов. Например, моделировать поведение конструкций зданий при землетрясениях можно на вибрационном столе.

Недостатками аналогового моделирования являются ошибки при оценивании того, какие факторы влияют на исследуемые явления. Например, неоднократное аналоговое моделирование падения различных предметов с высоты (камушков, перышек и т.д.) привело древних исследователей к выводу, что ускорение (скорость) падения предметов зависит от веса этих предметов. Таким образом, данные натуральных экспериментов с некоторыми предметами переносились на общий случай. Как мы знаем, необходимо было учитывать еще и сопротивление воздуха, а на него не обращали внимания.

Математическое моделирование. Такое моделирование является следующим шагом после аналогового моделирования.

Основанием для аналогового моделирования служит выделение существенных для исследуемых сторон явления составляющих (параметров), которых и придерживаются в аналоговой модели. Следующий шаг состоит в том, что этим параметрам приписываются обозначения (математические переменные). Далее применяются различные математические соотношения (формулы) и методы вычислений.

Пример. Автомобиль едет по шоссе с постоянной скоростью 50 км/час. Сколько времени потребуется этому автомобилю, чтобы доехать до города NN, который находится в 120 км? Ответ «очевиден»: 2 часа 24 минуты. Для того, чтобы получить этот ответ, не нужно ставить на шоссе автомобиль в 120 км от города NN, и ехать до этого города, строго выдерживая скорость. Не надобности и в использовании аналоговых моделей.

Простейшие приемы математического моделирования проходят в школе на уроках физики, в процессе решения «физических» задач. Часть таких задач попадает и в уроки математики. На математических занятиях такие задачи обычно называют «задачами на составление уравнений». Все эти задачи – примеры математического моделирования различных явлений.

Еще один пример математического моделирования являются различные вычисления для геометрических фигур. Вместо того, чтобы создавать геометрические фигуры (треугольники, пирамиды и т.д.) с заданными параметрами и на них непосредственно производить измерения, можно находить требуемые значения вычислениями с использованием некоторых правил, принимаемых для геометрических фигур. Такие правила обычно присутствуют в виде формул. Примеры - теоремы Пифагора, формулы косинусов и синусов. Кроме того, используются «совсем простые» формулы, которые мы обычно и за формулы-то не считаем: например, формула сложения расстояний на прямой. Обычные варианты расчетов при решении «задач моделирования» в школьной математике – решение уравнений и систем уравнений.

В настоящее время развиваются и специальные языки моделирования, которые служат промежуточной ступенью к переводу на математический язык или на язык программирования.





Причины широчайшего использования математического моделирования в том, что оно в массе случаев оказывается гораздо доступнее, быстрее и несравнимо дешевле других методов моделирования. Математическое моделирование очень экономно. Вместо того, чтобы расходовать время, силы и материалы на построение натуральных или аналоговых моделей, можно взять лист бумаги или компьютер – и произвести необходимые расчеты, которые займут только какое-то время, особенно, если они производятся по известным алгоритмам.

Компьютерное моделирование. Для простоты его можно считать современным вариантом развития методов математического моделирования, основанном прежде всего на огромных возможностях численных расчетов при использовании компьютеров. Кроме того, широко используются и возможность разнообразного представления результатов моделирования – вывода разнообразных диаграмм, изображений и т.д.

Использование компьютеров позволяет резко расширить рамки моделирования. Это связано с тем, что с помощью компьютера возможно произведение чрезвычайно длинных численных расчетов, которые невозможно или не имеет смысла производить вручную. Поэтому методы расчетов при компьютерном моделировании могут применяться другие, чем при расчетах вручную. Это открывает широкие возможности для моделирования процессов, то есть расчета состояний системы с течением времени. Примерами моделирования процессов являются моделирование движения (например, полета самолета или ракеты, движения планет и астероидов), распространения возмущений (прохождения ударных волн, землетрясений, приливных волн, обтекания самолетов, кораблей и подводных лодок) и т.д.

Использование компьютеров для решения прикладных задач, как мы знаем, требует составления программ на подходящих алгоритмических языках. Однако к настоящему времени имеется огромное количество готовых компьютерных программ и сред для моделирования различных часто встречающихся явлений.





Математическое моделирование и компьютеры

Рассмотрим примеры методов, которые становятся целесообразными при применении компьютеров.

Прежде всего, рассмотрим, почему в школьной математике рассматриваются только решения уравнений второй степени (уравнения больших степеней решаются только для некоторых случаев).

Причина – в ограничениях по сложности (длине) вычислений, доступных для исполнения «вручную». Действительно, для решения произвольных уравнений второй степени имеется формула, то есть алгоритм решения. В этой формуле используются четыре обычных арифметических действия, но также и «не совсем обычная» операция извлечения квадратного корня.

Что происходит, если требуется вычислить численное значение корней некоторого уравнения второй степени? Простота арифметических действий заключается в наличии для них простых численных алгоритмов. На самом деле, для операции извлечения квадратного корня также имеется много численных алгоритмов, но они довольно длинные. Поэтому для этой операции обычно пользовались *табличным алгоритмом* – проще говоря, готовыми таблицами значений для квадратных корней (ныне значение такого корня вычисляется на калькуляторе). Именно наличие таблиц для корней обуславливает простоту решения квадратных уравнений.

Для уравнений третьей и четвертой степеней также имеются формулы для вычисления корней (использующие корни третьей и четвертой степени). А вот для уравнений степени, не меньшей пяти, таких формул для нахождения корней уравнения нет.

Зато имеются алгоритмы, которые позволяют находить с любой точностью числовые значения решений таких «сложных» уравнений безо всяких формул. Достаточно знать, в каком интервале числовой прямой должно быть такое решение. Рассмотрим подобную задачу и очень простой алгоритм для ее решения.

Имеется математическая теорема, которая утверждает, что если многочлен $A(x)$ имеет при некотором x_1 значение $A(x_1) < 0$, а при некотором $x_2 > x_1$ значение $A(x_2) > 0$, то между x_1 и x_2 имеется корень уравнения $A(x) = 0$, то есть x_3 такое, что $A(x_3) = 0$.

Поэтому, например, для нахождения решения уравнения

$$x^2 + x + 5 = 0$$

надо найти x_1 и x_2 такие, что $(x_1)^2 + (x_1) + 5 < 0$ и $(x_2)^2 + (x_2) + 5 > 0$. Это можно сделать, подобрав достаточно большое положительное x_2 и достаточно маленькое (не по модулю!) отрицательное x_1 .





Моделирование при предположении, что устройство объекта известно.

Имитационные модели

Компьютерная модель простейшей экосистемы: пруд и живущие в нем рыбы.

Рассмотрим теперь пример с компьютерным моделированием процессов, которые происходят в экологии. Наш пример – модель изменения популяций хищника и жертвы в замкнутом пруду.

Условимся называть хищников щуками, а жертв – карасями. Две популяции – щуки и карася – связаны: щуки едят карасей. При изобилии карасей число щук возрастает (щуки хорошо кормятся и дают большой приплод), при малом числе карасей щуки начинают голодать и вымирать. При малом числе щук относительно числа карасей караси размножаются быстрее, чем щуки их едят. Верно и обратное: при большой - относительно числа карасей – численности щук, число карасей начинает падать.

Займемся построением математической модели взаимодействия популяций щук и карасей. Примем следующие упрощения:

- 1) Сами по себе караси имеют определенную фиксированную рождаемость. Нам удобно принять «равномерный» характер рождаемости карасей (а не сезонный или еще какой-то). Скажем, за некоторый отрезок времени каждый карась рождает A новеньких карасей. Тогда если число карасей в данный момент времени будет X , то в «следующий» (то есть через данный промежуток времени) момент времени число карасей будет $X + A \cdot X$.
- 2) Сами по себе щуки (без учета карасей, то есть питания) имеют некоторый коэффициент не прироста, а смертности. Пусть этот коэффициент B . То есть если не учитывать влияние поедаемых карасей, то численность щук в данный момент времени Y , то в следующий момент времени число щук будет $Y ! B \cdot Y$.
- 3) Очевидно, что количество съеденных одной щукой за данный промежуток времени карасей зависит от численности этих карасей: чем их больше, тем легче их поймать (они просто чаще встречаются). Примем, что число съедаемых каждой щукой карасей прямо пропорционально числу этих карасей в пруду. Коэффициент пропорциональности пусть будет равен C . Тогда одна щука съедает $C \cdot A \cdot X$ карасей и наличие в пруду Y щук дает за каждый промежуток времени уменьшение числа карасей на $C \cdot Y \cdot X$ карасей, а «новое» число X^* карасей в пруду через этот промежуток времени будет

$$X^* = \text{макс} (X + A \cdot X ! C \cdot Y \cdot X, 0).$$

Здесь макс () – это взятие наибольшего из двух чисел. В нашем случае, взятие наибольшего из «вычисленного» числа карасей и числа 0. Действительно, число карасей не может быть отрицательным, а такое «может произойти» по нашей формуле, если число щук большое, а карасей – маленькое.

- 4) Приплод, который дают щуки за данный промежуток времени, примем также пропорциональным количеству съеденных щукой карасей. Коэффициент пропорциональности обозначим D . Тогда количество щук Y^* в «следующий» момент





времени будет

$$Y^* = \max(Y + D \cdot C \cdot X \cdot Y - B \cdot Y, 0).$$

Заметим, что для удобства здесь можно заменить произведение $D \cdot C$ одним обозначением, например, D^* .

С помощью этой пары уравнений можно достаточно просто построить компьютерные графики численности щук и карасей в пруду. Разумеется, для разных коэффициентов A , B , C , D эти графики будут неодинаковые.

Пример можно расширить. Например, в модель можно добавить «естественную смертность» карасей. Впрочем, эту смертность можно «вставить» в коэффициент размножения карасей (уменьшив его на подходящую величину). Другие причины, пропорционально зависящие от численности карасей, можно учесть точно так же. Это же верно и для щук.

В численности карасей и щук можно вставить некоторые постоянные величины, например, разрешенный размер вылова тех и других. Скажем, 10.000 карасей в единицу времени. Разумеется, эта величина будет фигурировать в уравнении со знаком «минус». Ну а если регулярно «зарыблять» водоем карасями, то соответствующее число будет присутствовать со знаком «плюс».

Для работы с моделью запустите "Пуск - Программы - Эко-Эко"

Расширенные компьютерные модели простейшей экосистемы.

Модель отношений «хищник-жертва» рассчитана для двух популяций: одной популяции жертвы («караси») и одного хищника («щука»).

Ту же самую схему можно распространить и на большее количество популяций.

1. Две популяции «жертв» (скажем, «караси и «плотва») и один хищник (те же «щуки»). При допущениях, принятых ранее, получаем три уравнения вместо двух.

Для карасей и плотвы уравнения фактически те же, что и для предыдущей модели: они взаимодействуют только со щуками.

Поэтому и уравнения аналогичны тем, которые были ранее для карасей, только коэффициенты могут быть другими.

Караси:

$$X^* = \max(X + A \cdot X - C \cdot Y \cdot X, 0).$$

Плотва:

$$Z^* = \max(Z + E \cdot Z - F \cdot Y \cdot X, 0).$$

Для щук в уравнение надо добавить дополнительную рождаемость как результат съеденной плотвы:

$$Y^* = \max(Y + D \cdot X \cdot Y + G \cdot Z \cdot Y - B \cdot Y, 0).$$

2. Более интересная модель. Два хищника – «щуки» и «окуня», причем щука ест окуня. А также «караси», которых едят и те, и другие.

Модель будем строить опять по прежней схеме.





Щука питается, как в предыдущем примере:

$$Y^* = \max(Y + D \cdot X \cdot Y + G \cdot Z \cdot Y - B \cdot Y, 0).$$

Здесь Z – число окуней.

У карася теперь есть убыль не только от щук, но и от окуней:

$$X^* = \max(X + A \cdot X - C \cdot Y \cdot X - H \cdot Z \cdot X, 0).$$

У окуня – «прибыль» от съеденных карасей и убыль от щук

$$Z^* = \max(Z + E \cdot Z - F \cdot Y \cdot X + K \cdot Z \cdot X, 0).$$

3. У предыдущих моделей есть ряд допущений, которые выглядят не очень естественно в некоторых ситуациях. Например, из члена $D \cdot X \cdot Y$ в уравнении для щук видно, что, при наличии очень большого количества карасей, плодовитость щук становится слишком большой. Можно ее «ограничить» следующим образом: вместо $D \cdot X$ (плодовитость одной щуки от числа карасей) взять $\min(D \cdot X, T)$, где T – предельная плодовитость одной щуки за данный отрезок времени (например, 500 или 1000). Здесь $\min(,)$ – взятие наименьшего из двух чисел. Таким образом, если $D \cdot X$ будет превышать «предельный уровень» рождаемости T , то $D \cdot X$ будет игнорироваться.

Соответствующий член теперь будет иметь вид $+ Y \cdot (\min(D \cdot X, T))$, а не $+ D \cdot X \cdot Y$:

$$Y^* = \max(Y + Y \cdot (\min(D \cdot X, T)) - B \cdot Y, 0).$$

Точно так же можно заменить «рождаемость» щук в формулах для моделей с двумя жертвами, двумя хищниками и т.д.





История одного пруда

Жил-был пруд. В нем обитали щуки и караси. Караси плодились. Щуки тоже плодились и поедали карасей. Чем больше карасей, тем больше пищи для щук и тем больше самих щук. Но вот щуки сожрут слишком много карасей – и не хватает уже самим еды, начинаютдохнуть, бедолаги. Много факторов влияет на скорость размножения карасей: холодная зима, мало ила, в котором откладывают икру караси. Мы все эти факторы будем характеризовать общим коэффициентом Ax – коэффициентом размножения карасей. Караси, конечно, смертны и без всяких щук помереть могут. Однако, не успеют. Щуки их раньше сожрут. Или рыбаки выловят (но об этом позже). Вот естественную смертность щук не учитывать нельзя. Ее будем учитывать коэффициентом Ay .

Ясное дело, щуки не только помирают, но и плодятся. На щучий приплод также много чего влияет: мельчает ли водоем, зараза всякая, есть ли кусты в воде, на которых можно отложить икру – да мало ли чего? Мы способность щук к размножению будем учитывать с помощью коэффициента Bu .

Нельзя не учесть того обстоятельства, что карася (чтобы его сожрать) надо поймать. Тут также факторов не счесть: прозрачная вода или нет, есть простор для охоты или нет ... Мы будем учитывать эти факторы коэффициентом Bx .

Число карасей – X

Число щук – Y

Вначале разберемся с карасями. Карасей приплодится тем больше, чем их изначально было больше (подумайте почему ;-). Чтобы приплод состоялся, карась с карасем должны встретиться. Поэтому приплод пропорционален квадрату числа карасей, помноженных на коэффициент размножения (Ax). Чем чаще карась будет встречаться со щукой, тем численность карасей будет меньше. По этому численность карасей обратно пропорциональна изначальному числу карасей, помноженных на число щук и коэффициент поедания. А тут еще рыбаки изымают некоторое к-во карасей Zx . Таким образом, всего карасей будет:

$$X_{\text{новое}} = X_{\text{старое}} + Ax * X - Bx * X * Y - Zx$$

Теперь о щуках. Щук тем больше, чем больше еды (карасей), помноженных на коэффициент. Опять же надо учесть то, что щуки помирают. Уравнение получается:

$$Y = \max(0, (y + Bu * x * y - Ay * y - Zy))$$

Добавим, что отрицательных значений не может быть (ну на самом деле – что такое «минус щука»?). И система уравнений примет вид:

$$X = \max(0, (x + Ax * x - Bx * x * y - Zx))$$





$$Y = \max (0, (y + B_y * x * y - A_y * y - Z_y))$$

Где:

X - к-во карасей в пруду ()

Y - к-во щук в пруду ()

Z_x – к-во выловленных карасей ()

Z_y – к-во выловленных щук. ()

Диапазоны начальных условий:

1. Караси: 500 – 3000

2. Щуки: 100 - 1000

Параметры вылова:

Караси: от 0 до 100

Щуки: от 0 до 50

Шкалы:

1. Шкала *X*: годы – от 0 до 45 (по 3 точки на год)

2. Шкала *Y*: сотен штук

Ну, а теперь – к истории!





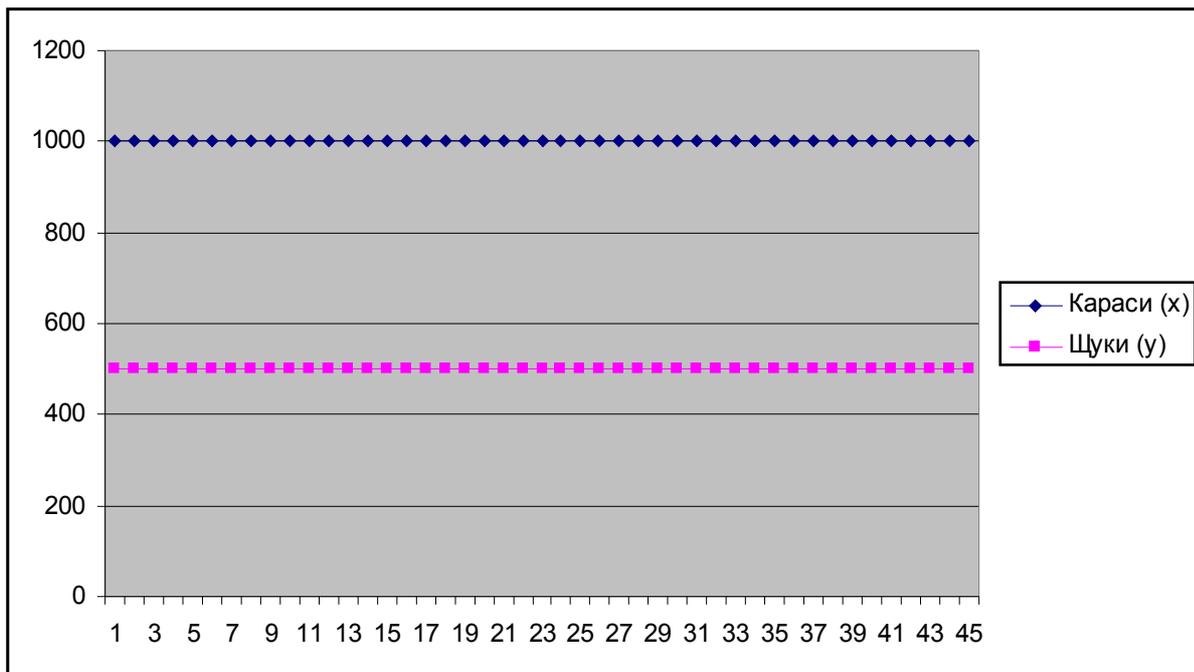
В начале в пруду был полный порядок: щуки и караси находились в полном равновесии. Не верите? Посмотрите на модель:

Вариант 1. Равновесие



Экологическая обстановка водоема такова, что прирост и поедание карасей, а также прирост и естественная гибель щук находятся в абсолютном балансе.

к-т размножения карасей (Ax) =	0,1
к-т смертности щук (Ay) =	0,2
к-т поедания карасей (Bx) =	0,0002
к-т размножения щук (Bu) =	0,0002
к-во выловленных карасей (Zx) =	0
к-во выловленных щук (Zy) =	0
Караси (x)	1000
Щуки (y)	500





Теперь решили в пруду ловить щук и карасей. Думаете, если тех и других по немногу отловить, ничего не изменится? Только вам на обед рубка будет? Как бы не так! Попробуйте «отловить» и посмотрите на модель!

А теперь составьте оптимальный план вылова рыбы по годам – так, чтобы не сгубить всю рыбу!

Вариант 2. Караси стали медленнее размножаться



Обстановка в пруду меняется. Стало жарко. Караси стали медленнее размножаться – коэффициент A_x снизился до 2 раз! (можно сделать шаг снижения). Во всем остальном в пруду ничего не изменилось.

Посмотрите, каков прогноз:

к-т размножения карасей (A_x) = 0,05

к-т смертности щук (A_y) = 0,2

к-т поедания карасей (B_x) = 0,0002

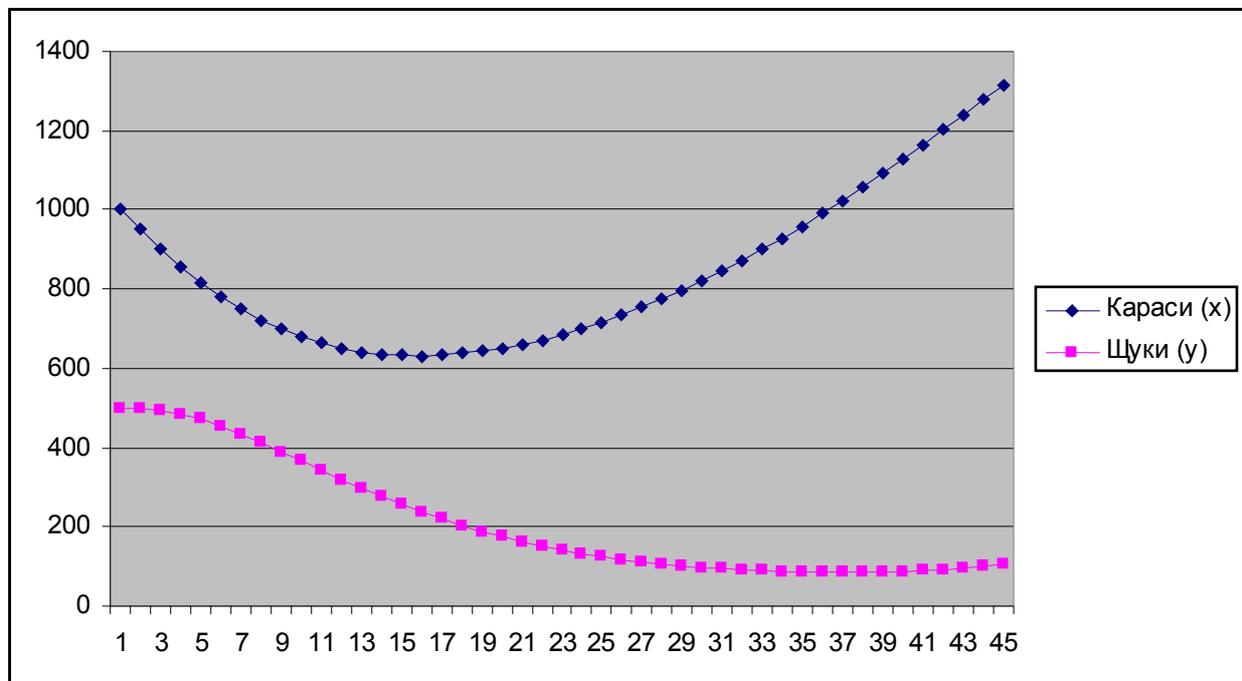
к-т размножения щук (B_y) = 0,0002

к-во выловленных карасей (Z_x) = 0

к-во выловленных щук (Z_y) = 0

Караси (x) = 1000

Щуки (y) = 500

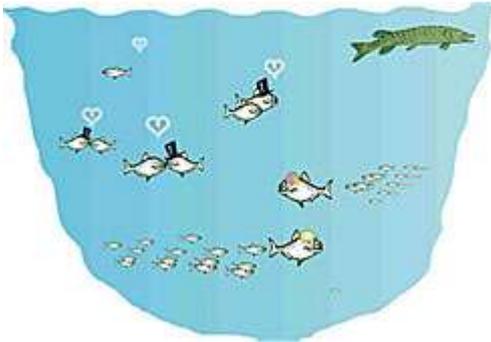


Теперь, в новых условиях составьте план вылова рыбы.



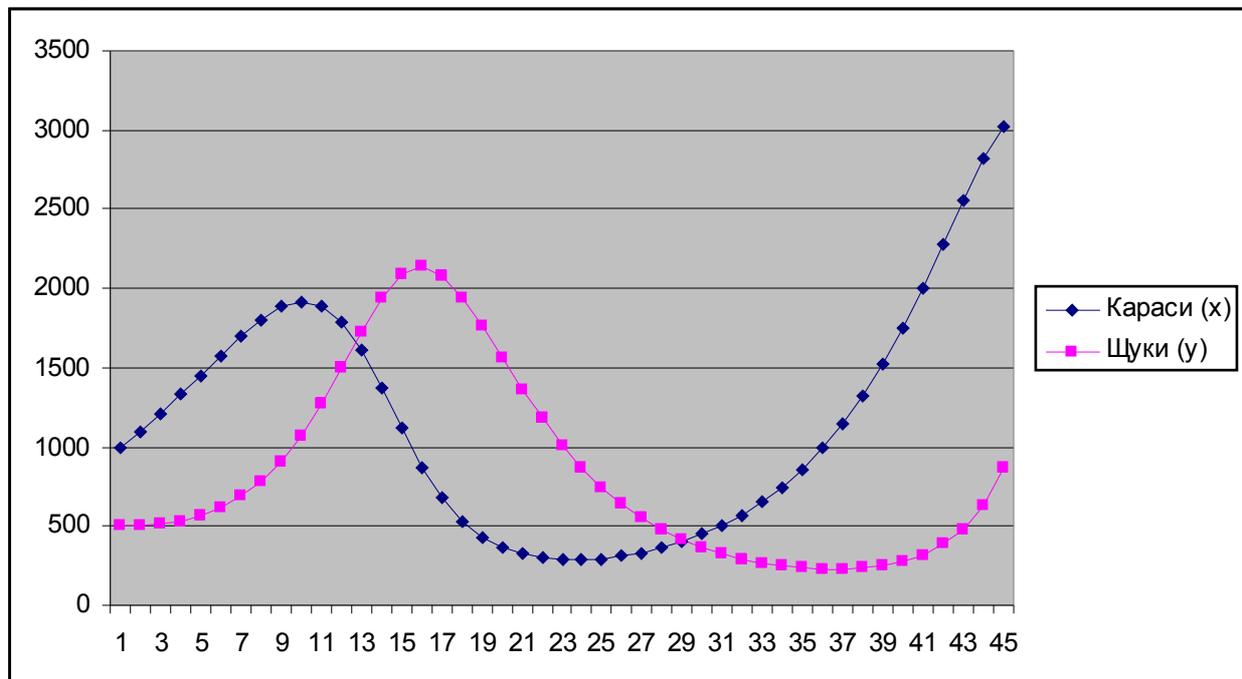


Вариант 3. Караси стали активнее размножаться



Возникли более благоприятные условия для размножения карасей – до 2-х раз! (можно с шагом). Во всем остальном в пруду все осталось по-прежнему. И какой прогноз?

к-т размножения карасей (A_x) =	0,2
к-т смертности щук (A_y) =	0,2
к-т поедания карасей (B_x) =	0,0002
к-т размножения щук (B_y) =	0,0002
к-во выловленных карасей (Z_x)	0
к-во выловленных щук (Z_y)	0
Караси (x)	1000
Щуки (y)	500

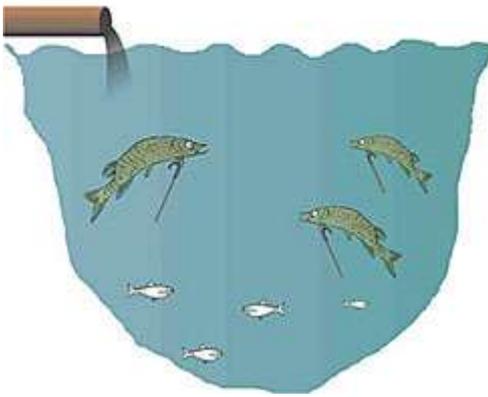


Постройте для новых условий план вылова рыбы.



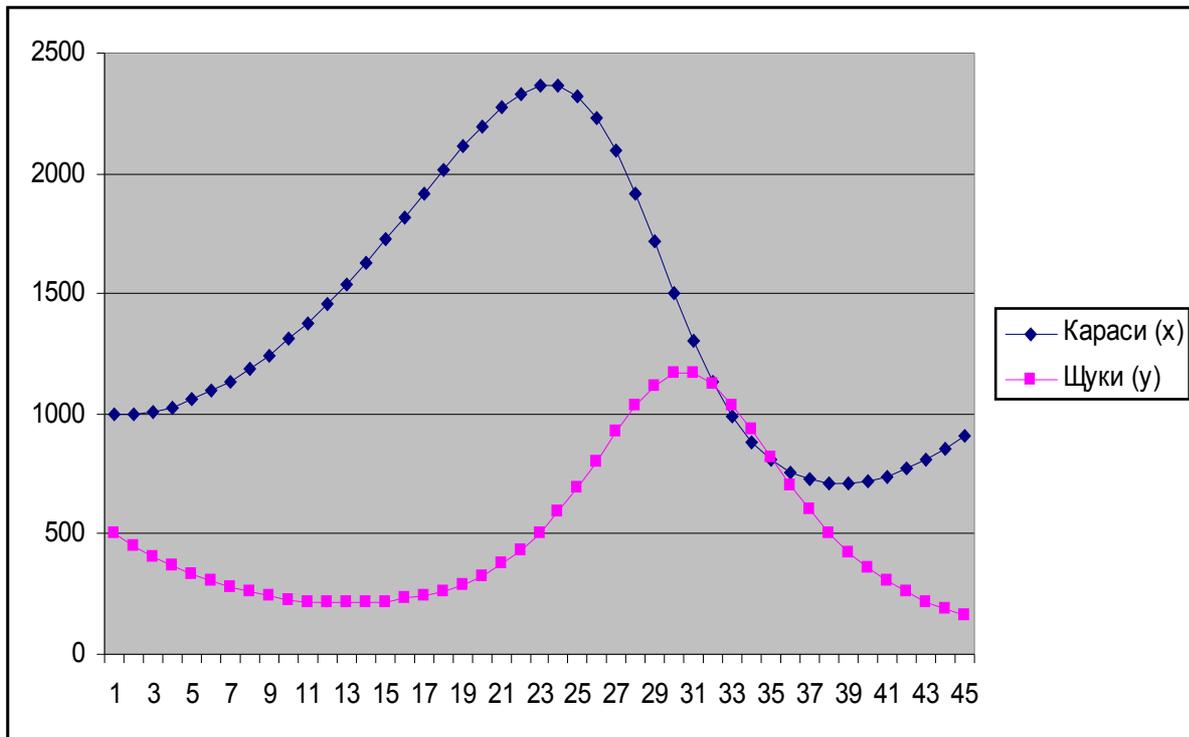


Вариант 4. Щуки стали быстрее умирать



Построили коттеджи на берегу и загрязнили воду сточными сливами. Щуки весьма чувствительны к грязной воде – коэффициент смертности повысился до 40% (можно с шагом).

к-т размножения карасей (A_x) =	0,1
к-т смертности щук (A_y) =	0,3
к-т поедания карасей (B_x) =	0,0002
к-т размножения щук (B_y) =	0,0002
к-во выловленных карасей (Z_x)	0
к-во выловленных щук (Z_y)	0
Караси (x)	1000
Щуки (y)	500

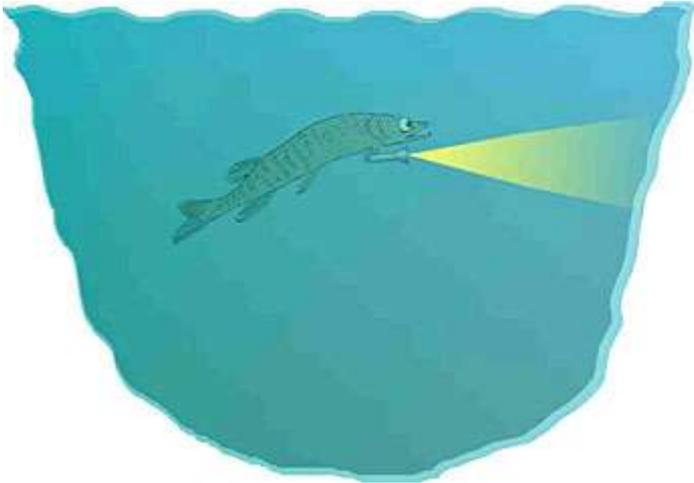


Постройте план вылова рыбы (если вообще захотите такую рыбу есть).



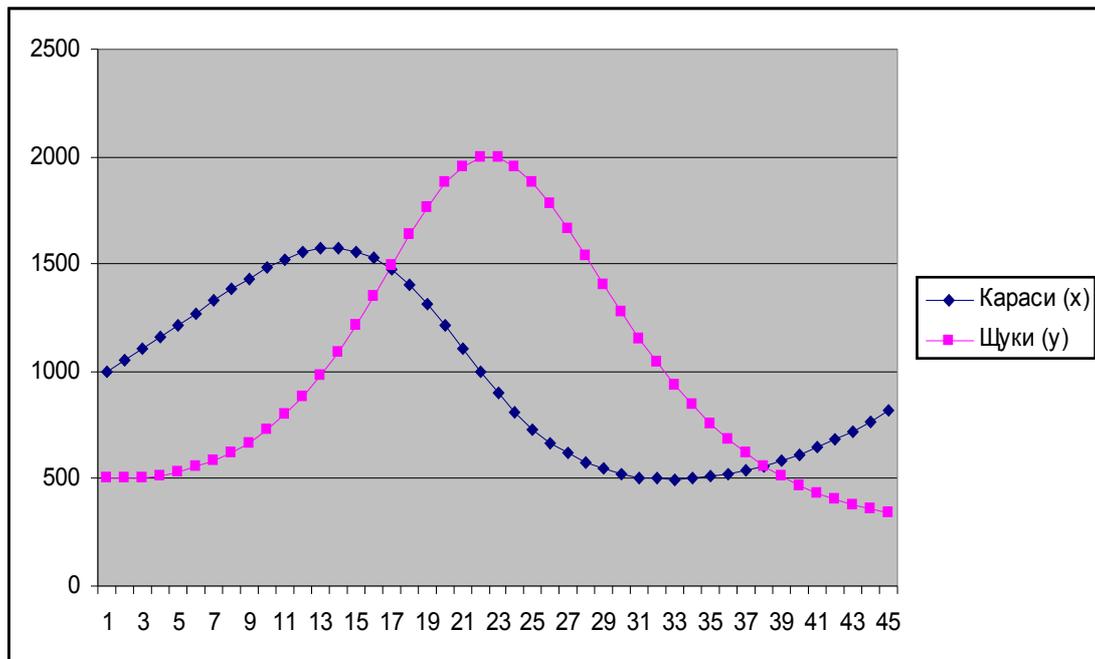


Вариант 5. Вода помутнела



Из-за жаркого климата расплавился планктон и вода помутнела. Охотится стало труднее – снизился коэффициент поедания до 2-х раз:

к-т размножения карасей (A_x) =	0,1
к-т смертности щук (A_y) =	0,2
к-т поедания карасей (B_x) =	0,0001
к-т размножения щук (B_y) =	0,0002
к-во выловленных карасей (Z_x)	0
к-во выловленных щук (Z_y)	0
Караси (x)	1000
Щуки (y)	500



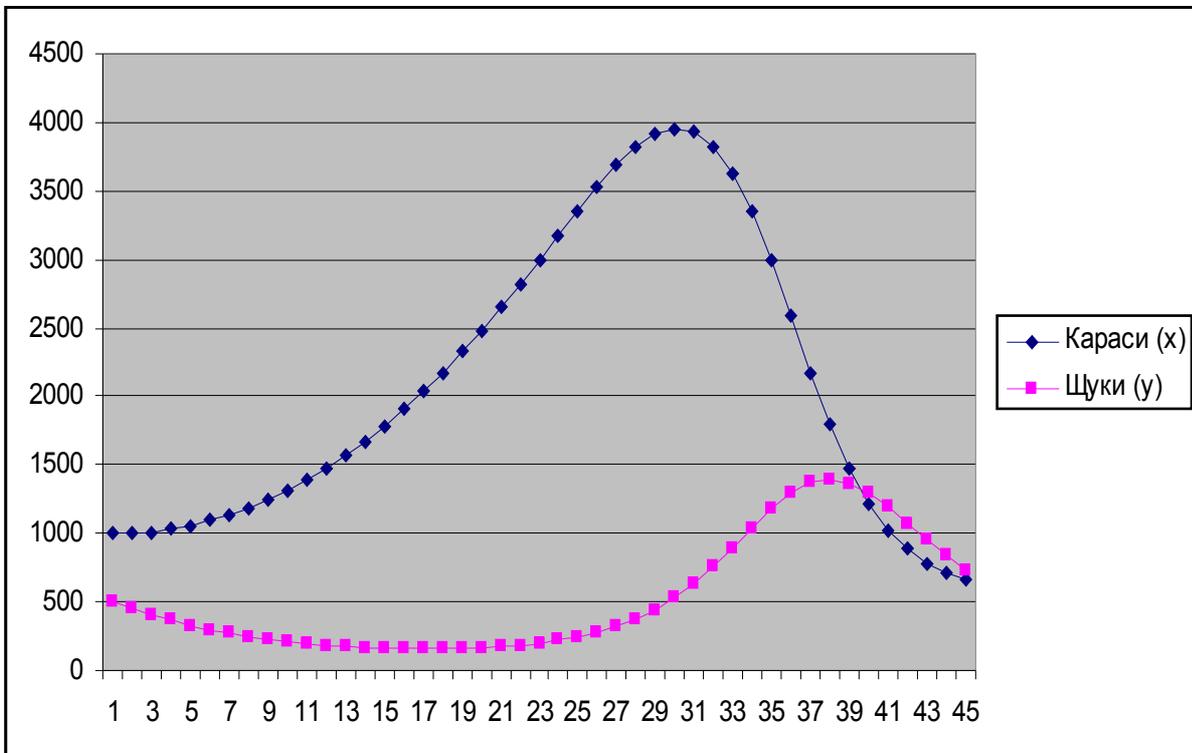


Вариант 6. Стали эксплуатировать плотину



Стали часто менять уровень воды в водоеме, за счет эксплуатации плотины. Вода стала то выше, то ниже. А щуки на кустах икру откладывают – на самой поверхности. В результате стала высыхать икра. Коэффициент размножения щук снизился до 2-х раз! (можно с шагом)

к-т размножения карасей (A_x) =	0,1
к-т смертности щук (A_y) =	0,2
к-т поедания карасей (B_x) =	0,0002
к-т размножения щук (B_y) =	0,0001
к-во выловленных карасей (Z_x)	0
к-во выловленных щук (Z_y)	0
Караси (x)	1000
Щуки (y)	500

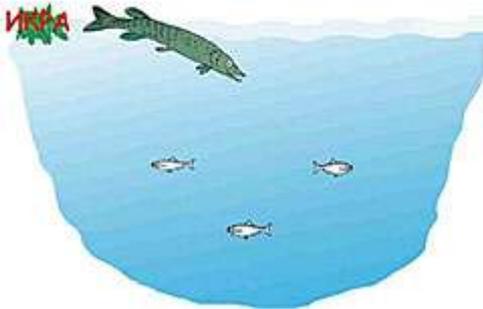


Постройте план вылова рыбы.



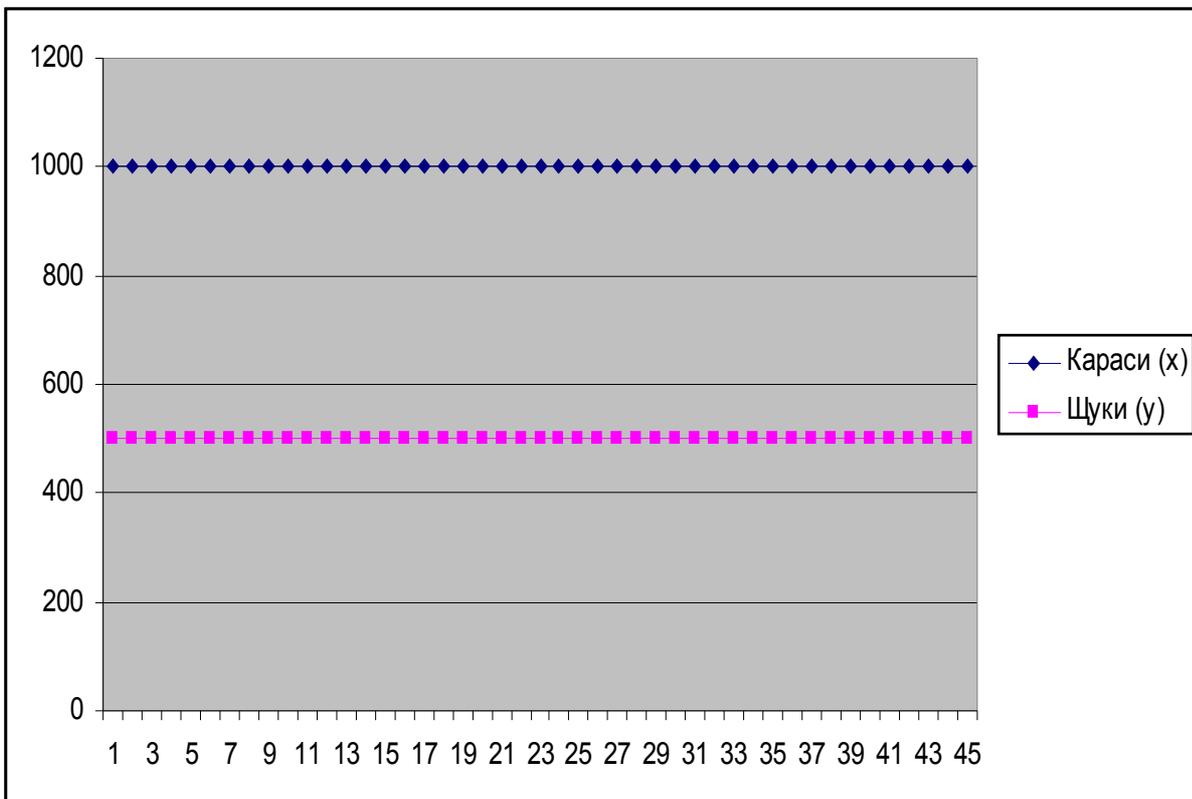


Вариант 7. Сократился одновременно приплод и смертность Щук



В результате чисток водоема сократилось количество мест для нереста щук. Однако и вода стала чище, что привело к увеличению продолжительности жизни. Вот, что из этого вышло:

к-т размножения карасей (A_x) =	0,1
к-т смертности щук (A_y) =	0,1
к-т поедания карасей (B_x) =	0,0002
к-т размножения щук (B_y) =	0,0001
к-во выловленных карасей (Z_x)	0
к-во выловленных щук (Z_y)	0
Караси (x)	1000
Щуки (y)	500



Постройте план вылова рыбы.





Описание работы с программой Эко

Установка программы Эко

1. На первом диске откройте папку **Distributives\Ecology** и запустите файл **Setup_eco.exe**
2. Установите программу.
3. Запустите программу: **Пуск\Программы\Эко\Эко**

Работа с программой

1. Запустите программу: **Пуск\Программы\Эко\Эко**

Годы	Кол-во карасей	Кол-во щук	Прирост карасей за год	Прирост щук за год	Добавлено карасей	Добавлено щук	Выловлено карасей	Выловлено щук	Вариант
	1000	500	0	0	0	0	0	0	1
1	1000	500	0	0	0	0	0	0	1
2	1000	500	0	0	0	0	0	0	1
3	1000	500	0	0	0	0	0	0	1
4	1000	500	0	0	0	0	0	0	1
5	1000	500	0	0	0	0	0	0	1
6	1000	500	0	0	0	0	0	0	1
7	1000	500	0	0	0	0	0	0	1
8	1000	500	0	0	0	0	0	0	1

Вариант 1. Равновесие

1. Равновесие

Экологическая обстановка водоема такова, что прирост и поедание карасей, а также прирост и естественная гибель щук находятся в абсолютном балансе.

k-т размножения карасей (A_x) = 0.1
k-т смертности щук (A_y) = 0.2
k-т поедания карасей (B_x) = 0.0002

Вылов рыб **Добавление рыб** **Кол-во лет**

Караси: 0 Караси: 0 45
Щуки: 0 Щуки: 0

Для изменения параметров выберите в таблице нужный год

Изменить Обнулить все

2. Первоначальные данные в программе изменить нельзя. Но в зависимости от поставленной задачи вы можете изменять длину временного интервала от 5 до 45 лет (по умолчанию стоит 45)



Эко

Ввод данных | График численности рыб | График вылова рыб | Результирующие данные

Годы	Кол-во карасей	Кол-во щук	Прирост карасей за год	Прирост щук за год	Добавлено карасей	Добавлено щук	Выловлено карасей	Выловлено щук	Вариант
	1000	500	0	0	0	0	0	0	1
1	1000	500	0	0	0	0	0	0	1
2	1000	500	0	0	0	0	0	0	1
3	1000	500	0	0	0	0	0	0	1
4	1000	500	0	0	0	0	0	0	1
5	1000	500	0	0	0	0	0	0	1
6	1000	500	0	0	0	0	0	0	1
7	1000	500	0	0	0	0	0	0	1
8	1000	500	0	0	0	0	0	0	1

Вариант 1. Равновесие

1. Равновесие

Экологическая обстановка водоема такова, что прирост и поедание карасей, а также прирост и естественная гибель щук находятся в абсолютном балансе.

к-т размножения карасей (A_x) = 0.1
к-т смертности щук (A_y) = 0.2
к-т поедания карасей (B_x) = 0.0002

Вылов рыб **Добавление рыб** **Кол-во лет**

Караси 0 Караси 0 45 ←

Щуки 0 Щуки 0

Для изменения параметров выберите в таблице нужный год

Изменить Обнулить все



3. Для каждого года периода можно изменить вылов карасей и щук и добавление карасей и щук, изменив значение в соответствующих окнах, а потом нажав на кнопку "Изменить".



Эко

Ввод данных График численности рыб График вылова рыб Результирующие данные

Годы	Кол-во карасей	Кол-во щук	Прирост карасей за год	Прирост щук за год	Добавлено карасей	Добавлено щук	Выловлено карасей	Выловлено щук	Вариант
	1000	500	0	0	0	0	0	0	1
1	1000	500	0	0	0	0	0	0	1
2	1000	500	0	0	0	0	0	0	1
3	1000	500	0	0	0	0	0	0	1
4	1000	500	0	0	0	0	0	0	1
5	1004	496	4	-4	7	3	3	7	1
6	1001	489	-3	-7	0	0	3	7	1
7	1000	482	-1	-7	0	0	3	7	1
8	1000	475	0	-7	0	0	3	7	1
9	1002	468	2	-7	0	0	3	7	1

Вариант 1. Равновесие

1. Равновесие

Экологическая обстановка водоема такова, что прирост и поедание карасей, а также прирост и естественная гибель щук находятся в абсолютном балансе.

к-т размножения карасей (A_x) = 0.1
к-т смертности щук (A_y) = 0.2
к-т поедания карасей (B_x) = 0.0002

Вылов рыб **Добавление рыб** **Кол-во лет**

Караси 3 Караси 7 45
Щуки 7 Щуки 3

Для изменения параметров выберите в таблице нужный год

Изменить Обнулить все



Обратите внимание, что при изменении значения добавления рыб меняется значение только за текущий год, а при вылове значения меняются до ближайшего измененного значения.



Эко

Ввод данных График численности рыб График вылова рыб Результирующие данные

Годы	Кол-во карасей	Кол-во щук	Прирост карасей за год	Прирост щук за год	Добавлено карасей	Добавлено щук	Выловлено карасей	Выловлено щук	Вариант
	1000	500	0	0	0	0	0	0	1
1	1000	500	0	0	0	0	0	0	1
2	1000	500	0	0	0	0	0	0	1
3	1000	500	0	0	0	0	0	0	1
4	1000	500	0	0	0	0	0	0	1
5	1004	496	4	-4	7	3	3	7	1
6	1001	489	-3	-7	0	0	3	7	1
7	1000	482	-1	-7	0	0	3	7	1
8	1000	475	0	-7	0	0	3	7	1
9	1002	468	2	-7	0	0	3	7	1

Вариант 1. Равновесие

1. Равновесие

Экологическая обстановка водоема такова, что прирост и поедание карасей, а также прирост и естественная гибель щук находятся в абсолютном балансе.

к-т размножения карасей (A_x) = 0.1
к-т смертности щук (A_y) = 0.2
к-т поедания карасей (B_x) = 0.0002

Вылов рыб **Добавление рыб** **Кол-во лет**

Караси 3 Караси 7 45
Щуки 7 Щуки 3

Для изменения параметров выберите в таблице нужный год

Изменить Обнулить все



4. Так же для каждого года можно изменить экологическую ситуацию (вариант). Изменение варианта происходит выбором в соответствующем выпадающем списке. Изменение варианта происходит от выделенного года до года с другим измененным вариантом или до конца временного периода.



Эко

Ввод данных | График численности рыб | График вылова рыб | Результирующие данные

Годы	Кол-во карасей	Кол-во щук	Прирост карасей за год	Прирост щук за год	Добавлено карасей	Добавлено щук	Выловлено карасей	Выловлено щук	Вариант
	1000	500	0	0	0	0	0	0	1
1	1000	500	0	0	0	0	0	0	1
2	1000	499	0	-1	1	3	1	4	1
3	1099	494	99	-5	0	0	1	4	3
4	1209	499	110	5	0	0	1	4	3
5	1334	515	125	16	7	3	3	7	3
6	1460	542	126	27	0	0	3	7	3
7	1590	584	130	42	0	0	3	7	3
8	1719	645	129	61	0	0	3	7	3
9	1838	730	119	85	0	0	3	7	3

Вариант 3. Караси стали активнее размножаться

3. Караси стали активнее размножаться

Возникли более благоприятные условия для размножения карасей - до 2-х раз! Во всем остальном в пруду все осталось по-прежнему

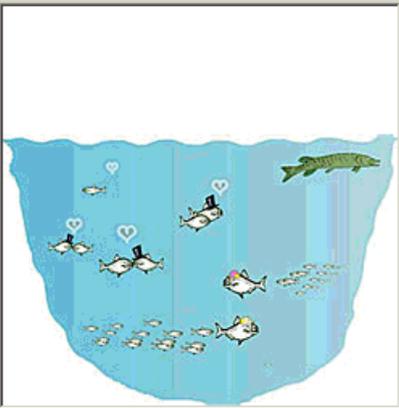
к-т размножения карасей (A_x) = 0.2
к-т смертности щук (A_y) = 0.2
к-т поедания карасей (B_x) = 0.0002

Вылов рыб **Добавление рыб** **Кол-во лет**

Караси: 1 Караси: 1 45
Щуки: 4 Щуки: 3

Для изменения параметров выберите в таблице нужный год

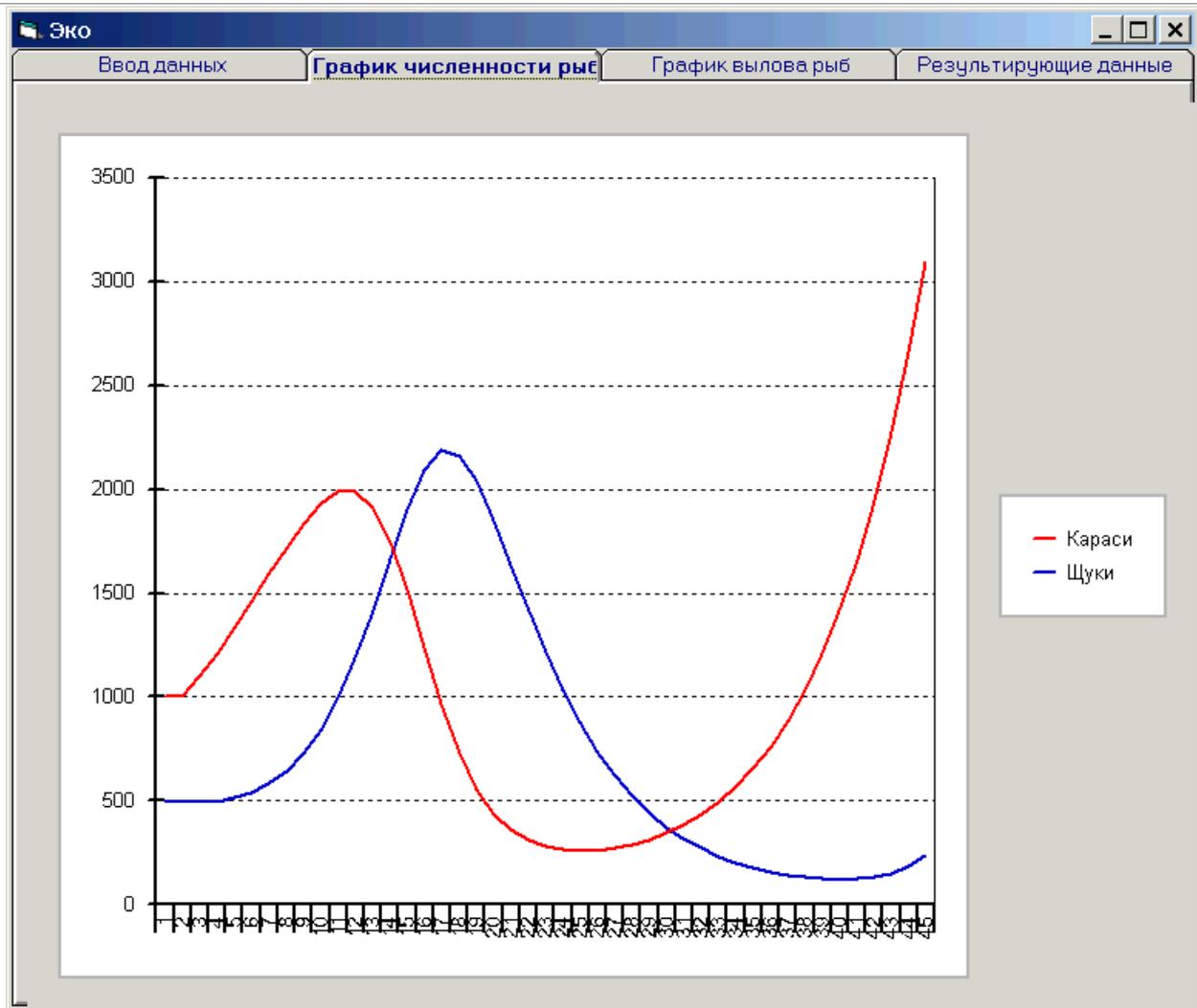
Изменить Обнулить все

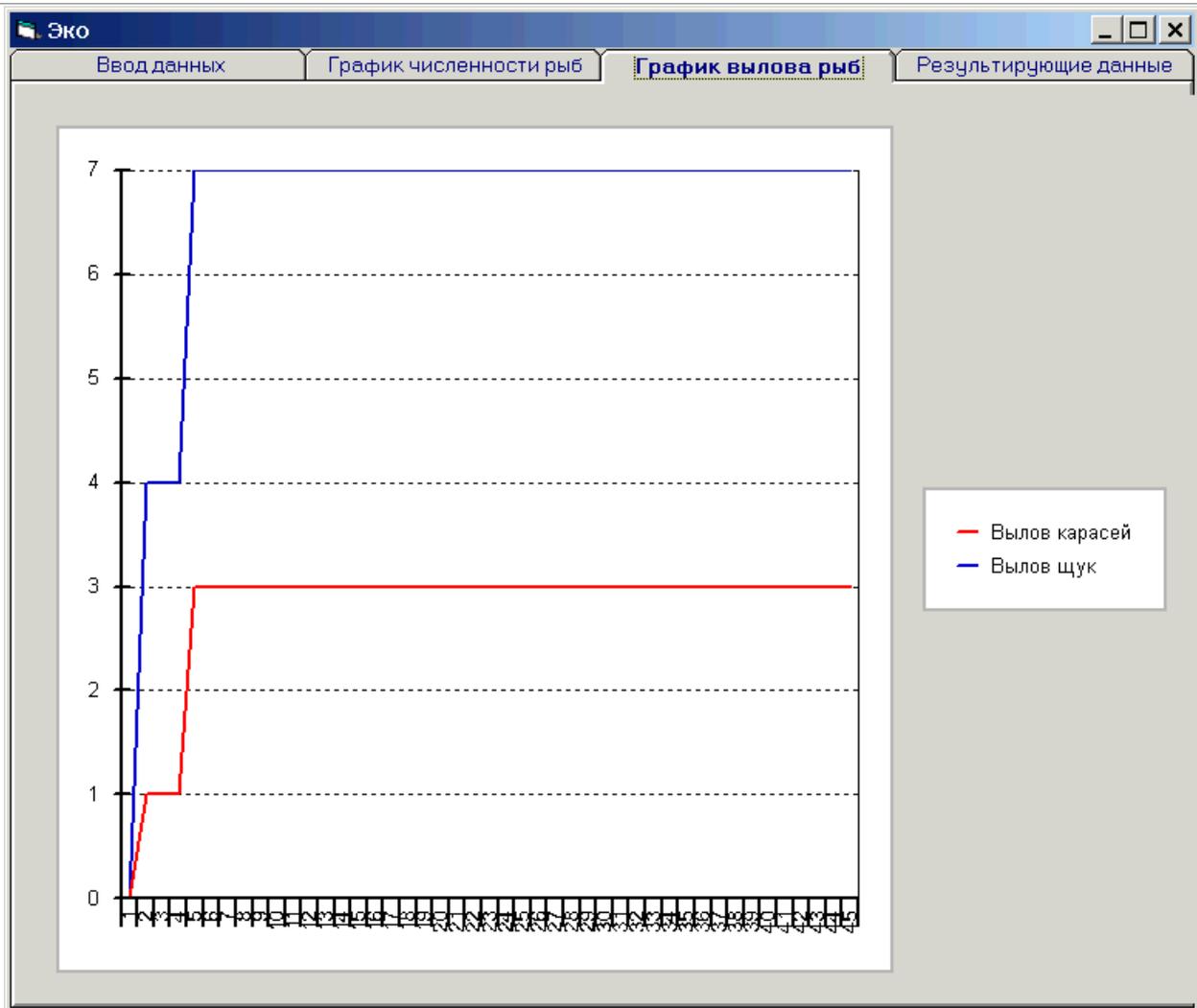


Результаты работы программы

Результатами работы программы являются графики численности рыб и вылова рыб, а так же результирующие данные







Parameter	Value
Кол-во расчетных лет	45
Кол-во карасей на конец периода	3090
Кол-во щук на конец периода	239
Кол-во выловленных карасей за период	126
Кол-во выловленных щук за период	299
Среднее кол-во выловленных карасей за год	2
Среднее кол-во выловленных щук за год	6

