

УДК 51 : 681.3 : 639.223.6

ВОЗМОЖНЫЙ ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ ПРИМЕНЕНИЯ
ЗАДАЧИ КОММИВОЯЖЕРАВ.Н.Яковлев
С.К.Албегова

В океане рыба нередко создает промысловые скопления в зоне гидрологических фронтов, в частности на участках со значительным изменением (градиентом) температуры. Но достаточно универсального объяснения подобного явления, насколько нам известно, пока нет. Чаще всего считают, что в градиентных районах формируются зоны повышенной биологической продуктивности за счет подъема питательных солей, скапливания планктона и др. Хотя неоднократно замечено, что промысловые скопления создаются вблизи фронтальных зон и при отсутствии в них повышенной биологической продуктивности и даже в те периоды, когда объекты промысла вообще не питаются. Иногда гидрологические фронты считают своеобразными барьерами, которые рыба не может преодолеть по физиологическим причинам. Однако и физиологические аспекты проблемы ждут своего разрешения.

На наш взгляд, возможно в общем объяснение с информационной позиции. Популяция как система стремится сохранить свое стационарное состояние и динамическое равновесие с внешней средой, регулируя поведение путем расшифровки информации, принимаемой от внешней среды. В малоградиентном районе при диффузном и минимальном поступлении информации у популяции нет возможности принять решение, побуждающее к направленному перемещению, например для поиска корма. Значит можно предположить, что при отсутствии градиентов гидрологических характеристик рыба распределена диффузно, рассеяно. Вероятно, она должна стремиться выйти из такого "неинтересного", неинформативного района.

Во фронтальных зонах поступление информации в единицу времени с единицы площади максимально. Уловив с определенно-го расстояния положение информативной зоны, рыба устремляется к ней, замедляя скорость перемещения по мере приближения к фронту для раскодирования увеличивающегося объема информации и "принятия решения" и даже совсем останавливаясь непосредственно перед фронтом. Раскодированная вблизи фронта информация служит сигналом для изменения поведения популяции. В одних случаях это будет сигнал к поиску пищи вблизи фронта, в других — сигнал о неблагоприятных или, наоборот, благоприятных условиях по ту сторону фронта и т.д. В связи с этим популяция будет нагуливаться у фронтальной зоны, медленно перемещаясь вдоль нее, или, наоборот, стремиться побыстрее пересечь ее.

Итак, полагаем, что существует направленное перемещение рыбы в соответствии с изменениями абиотических (в том числе и гидрометеорологических) условий.

Целесообразно выявить, по каким путям может перемещаться рыба и насколько эти пути совпадают с изменениями гидрологических фронтов. При этом необходимо применить единый метод расчета пространственного перемещения рыбы и изменения абиотических условий.

Следует иметь в виду, что любые исходные данные, например результаты траловых и гидрологических съемок, позволяют фиксировать лишь дискретное положение во времени и пространстве промысловых, биологических и гидрологических характеристик.

В океане миграции рыб, как правило, носят циклический характер. Так, в частности, начиная миграцию весной с мест зимовки, рыба осенью вновь возвращается к ним, побывав летом на местах нереста и нагула. Наблюдаются кольцевые маршруты и за более короткие промежутки времени. Так, в период нагула рыба определенное время не выходит за пределы циклонических круговоротов, неоднократно обходя их.

Принимая во внимание также принцип минимальных затрат (энергетических, информационных и др.), заложенный в природе, мы вправе поставить задачу следующим образом.

В начальный момент времени T_I максимум плотности скопления рыбы находился в точке N_I . В момент времени T_n максимум плотности переместился в точку N_n , а в конечный момент времени T_m вернулся в исходную точку N_I .

Иначе, пусть мы располагаем n дискретными точками фиксированного положения максимума плотности скопления рыбы и одновременного состояния какого-либо гидрологического фактора. Один из возможных вариантов перемещения рыбы по n точкам — посещение каждой точки по одному разу, т.е. кратчайший циклический переход. Для правомочности сравнения перемещения рыбы с изменениями гидрологических условий допускаем возможность синхронности изменения этих условий.

При подобной постановке мы подходим к решению задачи коммивояжера. Напомним классическую формулировку этой задачи. Торговец должен обойти n городов и при этом посетить каждый город по одному и только одному разу. Требуется определить кратчайший маршрут (или тур).

В качестве первого частного примера решения задачи коммивояжера использованы материалы экологической съемки Атлантики в Северо-Западной Атлантике за 5-29 июня 1971 г. Для реализации расчетов вручную выбрано 15 точек, по которым имеются данные об уловах серебристого хека и наблюдения за придонной температурой — наиболее распространенному экологическому показателю. Предположим, что перемещение хека начинается от точки I.

Итак, $n = 15$. В роли коммивояжеров выступают хек и температура. В качестве показателя перемещения рыбы используем изменение уловов хека от точки к точке как условную максимальную плотность скопления. Показателем изменения абиотических условий служит абсолютная разность придонной температуры на том же пространстве.

Для решения задачи коммивояжера мы предпочли метод ветвей и границ, поскольку это наиболее точный метод, позволяющий найти все оптимальные туры. Блок-схема алгоритма решения задачи этим методом и численный пример приведены Литлом и др. (1965). Суть метода заключается в следующем. Строится оценка снизу длины маршрута для множества всех туров. Затем это множество определенным образом разбивают на два подмножества,

х) Дж. Литл, К. Мурти, Д. Суини, К. Кэрел. Алгоритм для решения задачи о коммивояжере. — "Экономика и математические методы", 1965, т. I, вып. I, с. 94-107.

для каждого из которых также находят нижние границы длин входящих в них туров. Сравнивая полученные нижние границы, определяют, в каком из двух множеств с большей вероятностью содержится оптимальный тур. Это подмножество разбивают еще на два и с ними проводят аналогичные операции. Разбиение продолжается до тех пор, пока вновь полученное множество не будет содержать единственный тур. Затем разбиение возобновляется для другого неоднородного множества туров. Если на некотором этапе длина кратчайшего из полученных туров меньше нижней границы длин для какого-нибудь множества, это множество исключается из дальнейшего рассмотрения. Процесс разбиения на подмножества сопровождается построением некоторого дерева (вершины дерева суть подмножества, а процесс разбиения — его ветвление). Отсюда и название метода — "метод ветвей и границ". Ветвление останавливается, когда все неотсеченные вершины станут одноэлементными.

Для выбранных 15 "городов" получены все решения задачи коммивояжера в двух случаях: с абсолютной величиной разности уловов в первом и температуры во втором в качестве "расстояния" между "городами".

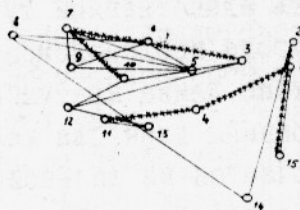
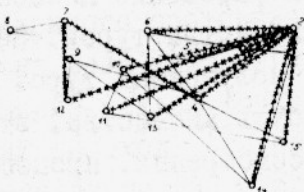
Конечно, полного сходства между оптимальными турами нет, да и быть, по всей видимости, не может. "Температурные маршруты" между собой различаются меньше, чем "маршруты уловов". Это может быть формальным подтверждением того, что распределение хека (его уловов) зависит (в рассмотренном случае) не только от температуры воды.

На рисунке даны сводные схемы оптимальных маршрутов уловов (а) и температуры (б) и выделены дуги с максимальным изменением характеристик. Уловы по-прежнему сохраняют большую изменчивость. Однако намечается тенденция приближения дуг с максимальными изменениями уловов к дугам с максимальными изменениями температуры, что свидетельствует в пользу экологического аспекта применения задачи коммивояжера.

Однако при продолжении исследований в этом направлении следует перейти от учета одного фактора (температуры), влияющего на распределение объектов промысла, к учету комплекса экологически обоснованных факторов.

а

б



Сводная схема оптимальных "маршрутов" уловов
серебристого хека (а) и температуры воды (б):
ж-ж-ж - дуги с максимальными изменениями
характеристик

Применение современных ЭВМ позволит решать возникающие при этом задачи коммивояжера для нескольких десятков "городов".

A possible ecologic aspect of application of
the travelling salesman problem

V.N.Yakovlev, S.K.Albegova

S u m m a r y

Using the branch-bound method all solutions of the travelling salesman problem have been obtained for two special cases on the basis of the ecological survey made by the Atlantic Research Institute of Marine Fisheries and Oceanography in the Northwest Atlantic; in the first case the "distance" between points is equal to the absolute value of the difference between the catches of silver hake; in the second case it is equal to the absolute value of the difference between off-bottom temperatures. The arcs of maximum fluctuations in the catches tend to come closer to those of maximum fluctuations in the temperature in the optimum version of the graphic solution of the problem. A possibility of applying this approach to fishery forecasts is studied.