

Применение пространственно-временных анимационных моделей для оценки производительности промысла

Канд. биол. наук М.А. Новиков, В.В. Колесников – ФГУП «ПИНРО»

Одним из прикладных применений методологии компьютерного синтетического картографирования морских акваторий является возможность проведения разнообразных оценочных процедур на основе электронных карт в режиме реального времени.

С этой целью в компьютере, например, в среде приложения *MS Excel*, создаются специальные географические экспертно-аналитические системы (ГЭАС), позволяющие в автоматизированном режиме производить расчеты формальных оценок экологического состояния или других характеристик, отражающих те или иные свойства морских акваторий (Новиков М.А. *Оценочное эколого-рыбохозяйственное районирование морских акваторий // «Водные ресурсы», 2004. Т. 31, № 2; Новиков М.А. Интегрированная оценка экологической уязвимости акватории Белого моря // «Экологич. системы и приборы», 2006, № 1*). Расчеты производятся на основе аккумулированных баз данных, оформленных в виде цифровых карт распределения разнообразной биологической, промысловой и океанографической информации в рамках определенной морской акватории.

Для расчетов рыбохозяйственной ценности акваторий в ГЭАС, в частности, могут быть использованы любые данные промысловой статистики, как полученные непосредственно по итогам только что выполненной научной съемки или поступающие с промысла за последнюю неделю, месяц и т.п., так и специально обработанные, с усреднением за отдельно взятый год или более длительный период.

К сведению: комплексная характеристика рыболовства промысловой ценности морских акваторий предлагается как интегральный рыбохозяйственный показатель их состояния. Она реализуется на основе синтетической (интегрированной) оценки, учитывающей области распространения промысловых организмов и объектов их питания (кормовые биоресурсы), уровень их запасов и промысел, а также иные показатели, отражающие текущее и перспективное состояние промысловой экосистемы моря. Тот или иной уровень ценности морских акваторий, таким образом, будет отражать возможные потери рыбохозяйственной отрасли в свете снижения текущей и прогнозируемой добычи морских биоресурсов (вылова), ущерба от возможного загрязнения или отчуждения акваторий, а значит, фактически устанавливать приоритет рыболовства над другими видами хозяйственной деятельности на шельфе (разработка полезных ископаемых и т.п.).

В работе показаны возможности использования локализованной во времени информации для случая, когда необходимо оперативно оценить потери рыбной продукции, например, в результате какой-либо аварии, сопровождающейся разливом нефтепродуктов на определенной акватории. Поскольку данная чрезвычайная ситуация будет локализована не только в пространстве, но и во времени, использование среднегодовых данных по промыслу, например трески, будет недостаточно эффективно. Величина уловов трески в Баренцевом море сильно варьирует в течение года и зависит как от перемещений (миграций) промысловой рыбы по акватории водоема в связи с годичным циклом, так и от плотности ее скоплений, имеющих и внутригодовую, и межгодовую динамику.

Для выполнения цифровых карт нереализованных уловов трески для текущего периода времени в случае аварийного разлива нефтепродуктов можно использовать данные промысловых тралений за такой же период предшествующего года (или средние за несколько лет) или данные непосредственно предшествующих тралений (за предыдущую неделю, месяц). Получение такой информации – вопрос времени и уровня взаимосвязи потребителя данных с соответ-

ствующими отраслевыми институтами Федерального агентства по рыболовству, в чьем распоряжении эти данные находятся. Однако, к счастью, подобная информация чаще нужна для моделирования предварительной оценки промысловых потерь на той или иной акватории в заданный период времени, вытекающих из гипотетически возможной аварийной ситуации. Для анализа и обобщения картографической информации, обладающей выраженной пространственно-временной динамикой, наиболее перспективен метод картографической анимации. Он не только позволяет динамически отображать пространственно-временные данные, но и эффективен при математической (статистической) обработке баз таких данных.

В традиционной картографии известны три способа отображения динамики явлений и процессов, их возникновения, развития, изменений во времени и пространстве. Первый – показ динамики на одной карте с помощью стрелок или лент движения, «нарастающих знаков» и диаграмм, расширяющихся ареалов, изолиний скоростей изменения явлений и т.п. Второй – показ динамики с помощью серий разновременных карт, снимков, фотокарт, блок-диаграмм и др., фиксирующих состояния объектов в разные моменты времени. И третий – составление карт изменения состояний явления, когда показываются не сама динамика, а лишь результаты происшедших изменений (ареалы изменений) (Берлянт А.М., Ушакова Л.А. *Картографические анимации. М.: Научный мир, 2000*).

В последнее время появились новые виды картографических произведений – компьютерные динамические (анимационные) карты, позволяющие визуализировать развивающиеся во времени явления и процессы, устанавливать закономерности их развития, прогностировать ход этих процессов, отыскивать новые взаимосвязи. Картографические анимации – особые динамические последовательности карт-кадров, создающие при демонстрации эффект движения (Берлянт А.М. *Картография. М.: Аспект-Пресс, 2001*). Хорошо известным примером анимации могут служить телевизионные карты прогноза погоды, на которых видны перемещения фронтов, областей высокого и низкого давления, атмосферные осадки.

Анимационное картографирование – мощное средство визуализации динамической информации, дополняющее традиционную статичную картографию. Связь между явлениями и процессами при этом может быть проанализирована как в течение времени, так и в пределах конкретного временного отрезка. При работе на компьютере исследователь получает возможность управлять динамической последовательностью, останавливать ее, замедлять, пускать в обратном направлении, менять параметры в реальном или близком к реальному масштабам времени.

Российские и зарубежные картографы сходятся во мнении, что на нынешнем уровне развития методы анимационной картографии вполне пригодны для практического внедрения (Берлянт, Ушакова, 2000). По мнению указанных авторов, внедрение анимаций невозможно без опоры на геоинформационные системы и технологии, способные формировать весь спектр динамических, оценочных и прогнозных геоизображений, выполнять текущие динамические, картометрические, статистические расчеты, экстраполяции и другие преобразования.

Использование многомерного моделирования приводит к формированию нового понятия, а именно: пространственно-временной объем. Четырехмерные пространственно-временные модели реальных процессов (или изменяющихся свойств объектов) дают целостное отображение их пространственно-временной структуры и

проявляют их качественно новые, совокупные во времени свойства; позволяют проводить сравнительные количественные оценки для различных пространственно-временных ситуаций (промысловый район, банка, месяц, сезон, год).

Исследование возможностей использования динамического картографирования для выявления закономерностей в изменениях производительности промысла трески осуществлялось по данным 2001 г. для всей акватории Баренцева моря. Были подвергнуты обработке данные промысловой статистики по 82100 отдельным тралениям разной длительности и производительности (рис. 1). Эти же данные, но в пространственном виде (3d-диаграмма) представлены на рис. 2, где по оси Z отложен временной интервал от первого в данном году траления до последнего (365 дней). Данная диаграмма дает представление об изменении локализации тралового флота по акватории моря в течение 2001 г. Координатные шкалы на данной диаграмме показаны в относительных единицах (в метрической системе).

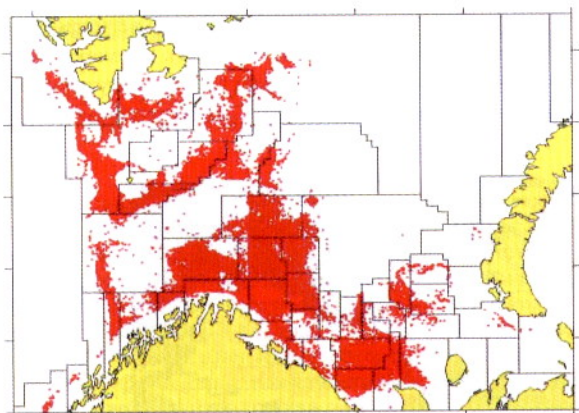


Рис. 1. Местоположение тралений трески в 2001 г.

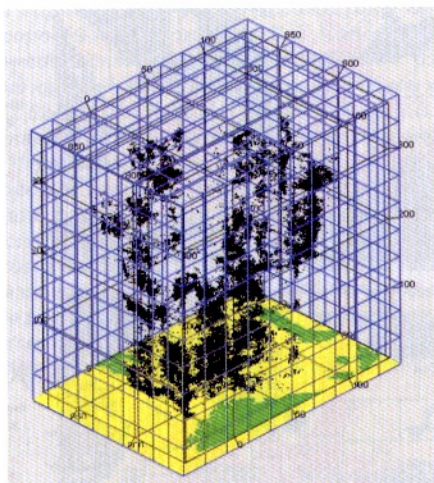


Рис. 2. Диаграмма пространственно-временного распределения тралений трески в 2001 г. (по оси аппликата отложен временной период, сут.)

Интерполирование данных по производительности промысла и построение истинно трехмерного изображения осуществлялось с помощью программы *RockWorks*, при этом в качестве алгоритма интерполяции был выбран метод обратного расстояния, учитывающий эффект анизотропии. Географические координаты тралений были переведены в метры проекции *UTM* – универсальной поперечной проекции Меркатора по зоне 33 (Центральный меридиан). Количество узлов сетки в пространстве было принято равным 101 по долготу и 70 – по широте при шаге, равном 17 км. Шаг по временной шкале составлял 1 сут., а количество узлов – 365. После расчета матрицы объемной модели для фильтрации погрешностей первичных промыслово-статистических данных производилось ее сглаживание.

Непосредственное составление анимационной карты осуществлялось с использованием программы *SlicerDicer*, а окончательная обработка, включающая наложение маски в виде сухопутной части и простановки интервалов времени, проводилась с помощью программы *Video Paint*. В программе *RockWorks* предусмотрен непосредственный экспорт обработанных данных в *SlicerDicer*.

На рис. 3 представлена истинная 3d-диаграмма (фактически четырехмерная) производительности промысла трески в Баренцевом море в 2001 г., выполненная в среде *RockWorks*. По осям абсцисс и ординат отложены геометрические линейные координаты точек траления в метрической системе, по оси аппликата – время (временной период). Анимационная последовательность промысловых данных начинается от времени достижения наивысших уловов (т/ч траления) до минимальных уловов. Распределение производительности промысла отображается, таким образом, в пространственно-временном континууме. На представленной статичной картограмме показан временной срез (стоп-кадр) по состоянию промысла за весь год.

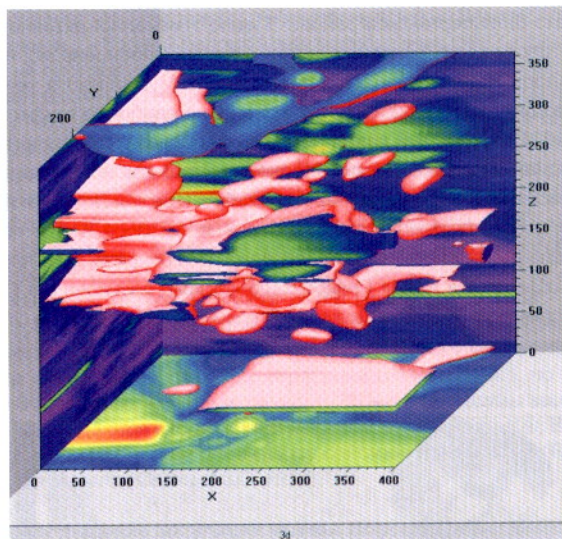


Рис. 3. Анимационная 3d-диаграмма пространственно-временного распределения производительности промысла трески в Баренцевом море в 2001 г. (стоп-кадр)

На рис. 4 приведена карта пространственно-временного распределения производительности промысла трески в Баренцевом море в 2001 г. по мгновенному временному срезу (стоп-кадр) на декабрь месяц. Горизонтальный масштаб карты – примерно 1:10000000 (зависит от выбранного масштаба увеличения), временной – 15 сут/с. По классификации временных масштабов, это соответствует среднемасштабным изображениям с масштабом порядка 1:1300000 (*Берлянт, 2001*). Для расширения возможностей анализа анимационных

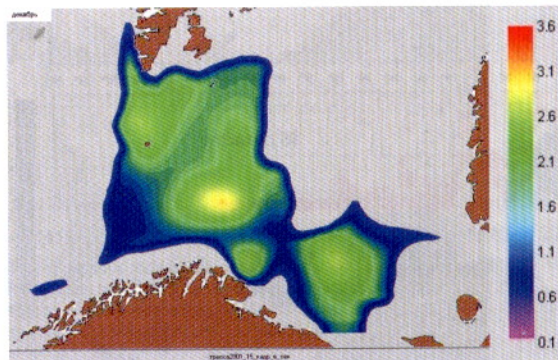


Рис. 4. Анимационная карта распределения производительности промысла трески в Баренцевом море в 2001 г. (стоп-кадр). Справа представлена цветовая шкала уловов, т/ч траления

изображений были также выполнены аналогичные анимационные карты с временным масштабом 5, 10 и 30 сут/с.

После построения анимационных карт осуществляли извлечение – «срез» (из 3d-файла в среде *RockWorks*) соответствующих промысловых данных и их обработку описанным нами ранее методом для получения стандартных матриц тематических данных (цифровых карт) с помощью программы *Surfer*. Таким образом, получали расчетные grids производительности промысла трески в 2001 г. с заданным количеством узловых точек в рамках анализируемой в атласе акватории для любого интересующего нас временного периода. В результате были построены карты распределения производительности промысла трески, для примера, в 15-х числах каждого месяца. Интерполяцию данных осуществляли методом Кригинга.

На рис. 5 представлены картограммы распределения уловов по акватории для 15 мая, 15 июня и 15 декабря 2001 г., цифровые данные для которых были рассчитаны и «вырезаны» программой *RockWorks*. В апреле-мае 2001 г. промысловая обстановка в прибрежной зоне Баренцева и западной части Норвежского морей ухудшилась, флот перешел на облов зимовальных скоплений трески в Медвежинско-Шпицбергенском районе. В июне отмечалась активная миграция трески вдоль основных ветвей течений Баренцева моря: сначала вдоль Нордкапского, а затем и вдоль Мурманского течений. Производительность промысла в июне была наиболее высокой для всего 2001 г. Сезонный спад промысла наступил в конце сентября. Возвратная миграция трески в Медвежинско-Шпицбергенский район пришлось в основном на октябрь – декабрь, в результате чего производительность промысла рыбы в Баренцевом море в этот период значительно снизилась (*Характеристика состояния запасов промысловых объектов в морях Северо-Европейского бассейна и в Северной Атлантике в 2001 г. и прогноз возможного вылова на 2003 г. Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2002*).

Следует иметь в виду, что представленные на рис. 5 временные срезы содержат сглаженную, статистически обработанную с учетом предшествующих и последующих тралений информацию о производительности промысла. Учитывая определенный уровень неточности и неполноты поступающей регулярно первичной промысловой информации, а также невозможность одновременного присутствия флота на всех перспективных акваториях, сглаженные и частично интерполированные данные, выдаваемые с помощью картографических анимаций, лучше отражают реальное положение дел и тенденции в производительности промысла.

На рис. 6 показано изменение конфигурации и площадей ценных в рыбохозяйственном отношении акваторий Баренцева моря с учетом вклада приведенных выше данных временных срезов из результатов траления в 2001 г. Цифровые карты были выполнены в ГЭАС рыбохозяйственной ценности с весовым коэффициентом для промысла трески, принятым нами равным 3. Последняя величина была выбрана эмпирическим путем как минимальная, при которой на картограмме синтетической оценки визуально становится хорошо заметным вклад данной переменной среди 11 остальных, определяющих интегрированную оценку (см.: *Новиков, 2004*). Нормирование показателей производительности промысла в данном случае проводили по максимальному за 2001 г. улову – 4,732 т/ч траления.

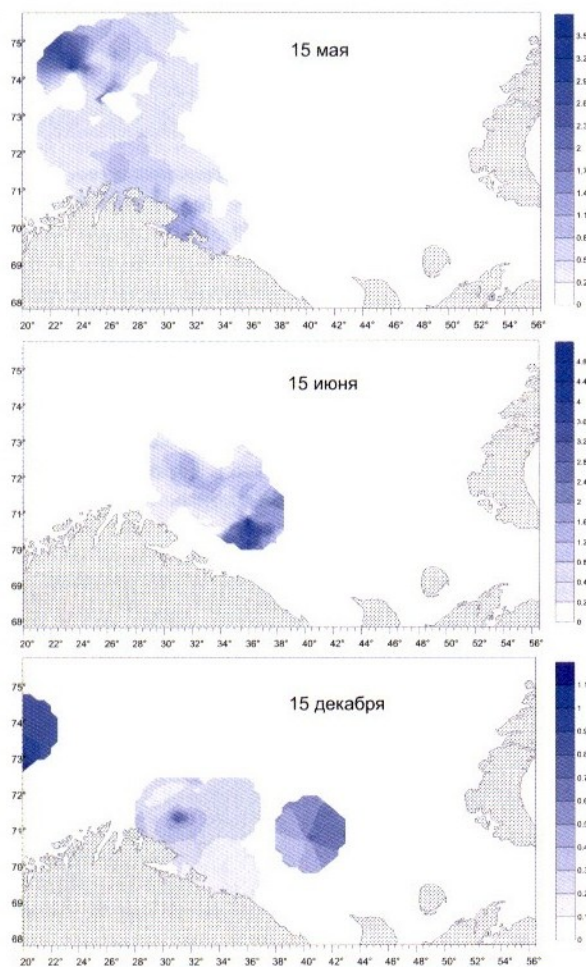


Рис. 5. Производительность промысла трески в Баренцевом море в разные периоды 2001 г., т/ч траления

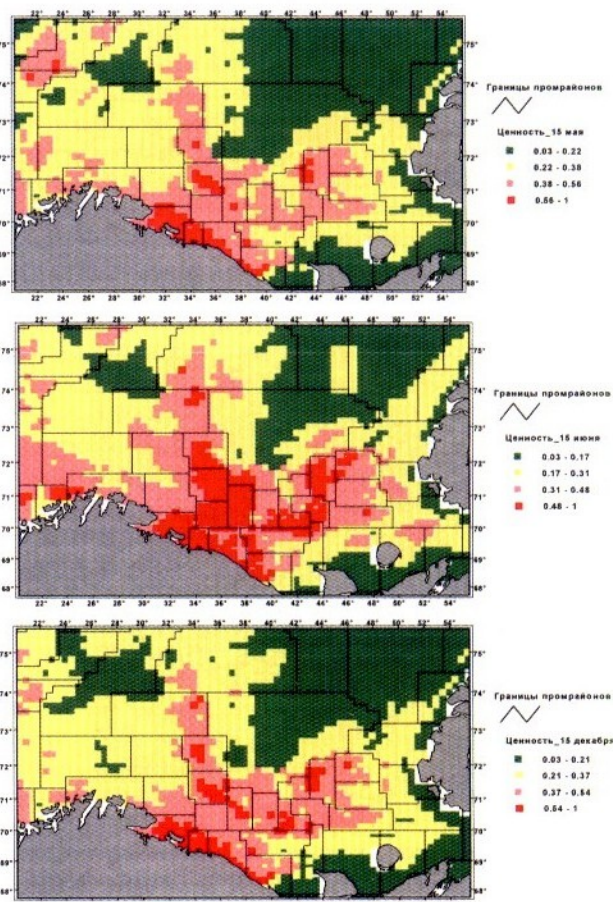


Рис. 6. Динамика изменения показателей ценности акватории моря при различной производительности промысла в разные периоды года (с учетом промысловых данных за 2001 г.)

Таким образом, на приведенных картограммах (рис. 6) отражена годовая динамика варьирования оценочных показателей морских акваторий с учетом промысловых данных, представление которых возможно в любом произвольном интервале времени с минимальным разрешением в одни сутки. Выполнение всех необходимых процедур по вычислению соответствующих цифровых карт и выведению итоговых картограмм на печать в созданной нами автоматизированной системе занимает от нескольких десятков минут до считанных часов, т.е. является весьма оперативным.