

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ПОВЕДЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ В ПРОСТРАНСТВЕ КОМПЬЮТЕРНОГО ИНТЕРФЕЙСА ОХРАННОГО КОМПЛЕКСА

Ю.Н.Косников

Пензенский государственный университет, г.Пенза, Россия

Сбор информации о поведении объектов контроля в комплексных системах безопасности осуществляется техническими средствами, построенными на различных физических принципах. В результате компьютерной обработки полученных данных создается информационный образ ситуации в охранной зоне. Для контроля и принятия решения по ситуации информационный образ представляется оператору охранного комплекса в визуальной форме средствами компьютерного интерфейса.

Современные средства сбора информации позволяют определять местоположение воздушных и наземных динамических объектов с высокой точностью. Поведение объекта становится более понятным оператору, если визуализация осуществляется в трехмерном пространстве с привязкой к местности. Для удаленных объектов в связи с большим объемом отображаемого пространства достаточна привязка к плану местности, для близких объектов нужна привязка к складкам местности. Выполнение указанных требований возможно, если интерфейсное пространство построено по многоуровневому иерархическому принципу [1]. Каждый уровень интерфейса предназначен для решения своих задач, то есть характеризуется своим уровнем когнитивности. Количество уровней интерфейса зависит от объема контролируемого пространства и детальности задачи. Переход от одного уровня к другому возможен как по команде оператора, так и по инициативе системы, например, при выполнении некоторого условия по расположению объектов.

Информативность любого уровня может быть повышена путем добавления к визуальному образу объекта видимой траектории его движения в трехмерном пространстве. Анализ траектории позволяет оценить особенности динамики (скорость, эволюции) и намерения объекта. Кроме того, вид траектории позволяет прогнозировать местоположение объекта, например, потенциального нарушителя, в краткосрочном будущем, что позволяет более эффективно организовать перехват объекта силами противодействия, особенно в условиях ограниченной видимости.

Перечисленные требования определяют основные задачи визуализации поведения объектов:

- 3d-моделирование интерфейсного пространства с заданным уровнем детальности;
- 3d-моделирование объектов контроля;
- 3d-моделирование траекторий движения объектов.

Кроме того, для близких и быстро перемещающихся объектов обязательным условием является визуализация результатов моделирования в режиме реального времени (РВ). Для решения указанных задач можно предложить следующие средства.

В качестве модели земной поверхности на верхнем (менее детальном) уровне интерфейсного пространства следует применять плоский план с характерными обозначениями и надписями. Его можно изготовить средствами обычного графического редактора. Применение цифровых карт местности нецелесообразно, так как они перегружены деталями, имеют большой объем и замедляют процесс визуализации. На нижнем уровне иерархии пространства требуется более высокая детальность отображения. Для моделирования рельефа имеет смысл использовать карту высот, полученную с помощью топографической съемки, GPS-навигации или физических карт крупного масштаба. Получить 3d-рельеф по карте высот можно интерполяционными методами,

основанными на применении смешивающих функций (blending function). Например, один из методов, использующий радиальные базисные функции, описан в работе [2].

Интерполяционная модель рельефа, заданного своими характерными точками, в общем случае описывается параметрическими выражениями

$$x = \sum_{i=1}^N \lambda_{xi} \phi(u_i, v_i), \quad y = \sum_{i=1}^N \lambda_{yi} \phi(u_i, v_i), \quad z = \sum_{i=1}^N \lambda_{zi} \phi(u_i, v_i),$$

где u_i, v_i – координаты i -й характерной точки в параметрической системе координат u, v (например, значения широты и долготы точки рельефа);

$\phi(u_i, v_i)$ – значение смешивающей функции i -й характерной точки;

$\lambda_{xi}, \lambda_{yi}, \lambda_{zi}$ – коэффициенты влияния i -й характерной точки на текущую точку поверхности в направлениях декартовых координат x, y, z ;

N – количество характерных точек.

В качестве смешивающей функции следует выбирать степенную функцию переменных u, v , которая зависит от расстояния между характерной точкой и текущей точкой поверхности и в общем случае имеет вид

$$\phi(u_i, v_i) = bf(u_i - u) \cdot bf(v_i - v).$$

В этом случае значение смешивающей функции определяется произведением двух компонентов, которые находятся отдельно по направлениям u и v , что позволяет выполнять вычисления по «быстрым» конечно-разностным формулам [3], поддерживая тем самым режим РВ. Для придания рельефу реалистичности на него должна быть наложена текстура. В зависимости от требуемой детальности представления ситуации это может быть план местности с характерными символами или фототекстура местности.

Траектория движения объекта с привязкой к местности формируется в режиме РВ. Она задается тройками координат x, y, z мгновенных положений объекта, снимаемых средствами сбора информации с

определенной периодичностью. Для визуализации траектории по набору точек (опорных точек) применяются интерполяционные методы. Опрос средств сбора информации осуществляется вычислительной системой охранного комплекса и является одной из многих его задач. В связи с этим период опроса средств сбора выбирается по принципу экономии ресурсов вычислительной системы, и для быстро перемещающихся объектов опорные точки траектории могут располагаться достаточно редко. Тогда для получения реалистичного вида траектории нужно применить криволинейную интерполяцию в частности, для этой цели подходит интерполяция сплайнами.

Возможно применение отсеков кривой Безье и В-сплайна. Отсек задается четырьмя опорными точками P_0, P_1, P_2, P_3 и описывается в виде следующего обобщенного матричного параметрического выражения:

$$C = T \cdot M \cdot P,$$

где C – матрица-строка координат текущей точки кривой;

T – матрица-строка степеней параметра t ;

M – базисная геометрическая матрица размера 4×4 , имеющая свой вид для каждого сплайна и известная из литературы, например [4];

P – матрица координат опорных точек отсека:

$$C = [x \quad y \quad z], \quad T = [t^3 \quad t^2 \quad t \quad 1], \quad P = \begin{bmatrix} x_0 & y_0 & z_0 \\ x_1 & y_1 & z_1 \\ x_2 & y_2 & z_2 \\ x_3 & y_3 & z_3 \end{bmatrix}.$$

Отсек кривой Безье соединяет точки P_0 и P_3 , а точки P_1 и P_2 задают его изгиб и должны быть доопределены. Отсек В-сплайна располагается вблизи точек P_1 и P_2 , а точки P_0 и P_3 задают его изгиб. При появлении очередной точки траектории она добавляется к предыдущим опорным точкам, после чего на последних четырех точках формируется новый отсек траектории. Эти особенности понятны и могут быть учтены при алгоритмизации построения траектории. Смешивающие функции

сплайновых отсеков имеют вид степенных многочленов с переменной t , что позволяет применить для их вычисления конечно-разностные формулы [5].

Цель 3d-моделирования объектов интерфейсного пространства – облегчить их идентификацию оператором. При этом высокодетальный внешний вид не обязателен, достаточно передать характерные признаки класса объектов, а отличительные признаки конкретного объекта можно показать с помощью дополнительных изобразительных средств – надписей, символов, чисел, цвета и др. В системе должен быть заранее создан типовой набор моделей объектов (библиотека). Модель объекта может быть создана средствами известных программ-моделеров (например, 3dsMAX, Blender, КОМПАС-3D). При опознании системой реального объекта оператору предъявляется его библиотечный образ с дополнительными признаками. Есть трудности визуализации группы удаленных объектов, образы которых могут перекрываться, затрудняя тем самым идентификацию. В этом случае следует применять интегральное представление группы в виде обобщенного символа [6]. Он должен показывать выбранный класс объектов группы. Обобщенный символ дополняется числовыми и другими признаками группы.

На рис. 1 показаны фрагменты интерфейсного пространства с представлением траектории удаленного объекта и расположения близкого объекта с привязкой к рельефу местности (изображения получены аспирантами Хоанг Т.Х. и Власовым В.С.). Траектория и трехмерные объекты на местности снабжены дополнительными элементами, облегчающими идентификацию. Траектория получена с помощью В-сплайновой интерполяции [7], рельеф местности – с помощью РБФ-интерполяции [8], модели мобильных объектов взяты из библиотеки моделей. Применено текстурирование местности. Рис. 1 иллюстрирует хорошие изобразительные возможности предложенных решений, что

позволяет повысить результативность работы оператора охранного комплекса.

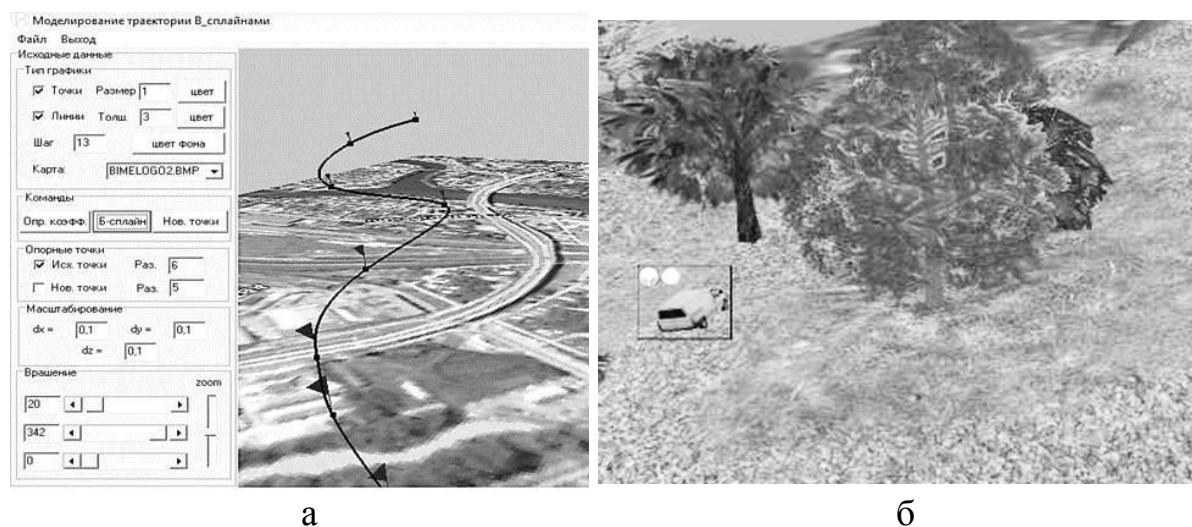


Рис.1. Изображения фрагментов интерфейсного пространства с траекторией (а) и размещением мобильного объекта (б) на рельефе местности

Список литературы

1. Власов В.С., Косников Ю.Н. Визуализация результатов мониторинга мобильных объектов: концепция виртуального интерфейса // Новые промышленные технологии. – 2010, №6. – С.45-49.
2. Косников Ю.Н. Геометрическое моделирование и отображение местности по топографическим данным // Информационные технологии, 2010, №7. – С.30-35.
3. Косников Ю.Н., Хоанг Т.Х. Моделирование объектов интерфейса виртуального окружения для эргатических систем // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. 2016. №3. С.16–28.
4. Роджерс Д., Адамс Дж. Математические основы машинной графики. – М.: Мир, 2001. – 604 с.
5. Косников Ю.Н., Хоанг Т. Х. Сплайн-интерполяция траектории движения динамического объекта // XXI век: итоги прошлого и проблемы

настоящего ^{плюс}. Научное периодическое издание. Серия: Технические науки. Информатика, вычислительная техника и управление. – Пенза: Изд-во ПГТУ, 2016, №03(31). – С. 195 – 202.

6. Семин М.В. Проектирование на основе модульного принципа автоматизированных информационных систем освоения эрготехнических комплексов // Научно-технический сборник «Эффективность автоматизированных систем управления авиацией, систем связи и РТО ВВС» – 2012г. – Ногинск – 275 с.

7. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018613102, Российская Федерация. Программа моделирования и визуализации протяженных геометрических форм с применением радиальных базисных функций / Ю.Н.Косников, Т.Х.Хоанг. Зарегистрировано в РОСПАТЕНТ 02.03.2018, заявка № 2018610403.

8. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2013611277, Российская Федерация. Программа визуализации иерархического информационного пространства на экране монитора / В.С. Власов, Ю.Н.Косников. Зарегистрировано в РОСПАТЕНТ 09.01.2013, заявка №2012660418 .

Информация об авторе

Косников Юрий Николаевич

Пензенский государственный университет

Профессор кафедры «Информационно-вычислительные системы»

Доктор технических наук, профессор

440000, г.Пенза, ул.Славы, 5, кв.5

Тел. 8 927 380 23 02, e.mail: kosnikov@gmail.com