

УДК 004.946

МЕТОД КЛАССИФИКАЦИИ ОБЪЕКТОВ ВИРТУАЛЬНОГО АДАПТАЦИОННОГО ПРОСТРАНСТВА

Дюпин В.Н.

*Саровский физико-технический институт, филиал Национального исследовательского
ядерного университета МИФИ, Саров, e-mail: rehcraser@mail.ru*

В статье рассматривается технология создания виртуальной реальности, методы погружения объектов в виртуальное пространство и технология классификации объектов виртуального пространства. Метод погружения объектов в виртуальную реальность основан на технических мультимедийных средствах восприятия окружающего пространства и метода расчета оптического параллакса. Метод построения объекта виртуальной реальности заключается в выделении пары изображений окружающего пространства, разбиении изображения на фрагменты по ширине и по высоте, и последующей экструзии фрагментов двумерного изображения, считанного с мультимедийных датчиков. Для повышения качества выделения используется метод подавления шумов на границе объектов, заключающийся в переносе изображений в пространство цвета YCbCr, основанного на градации яркости цвета. Метод расчета оптического параллакса позволяет восстановить трехмерный образ объекта окружающей реальности, двумерный образ которого погружен в виртуальное адаптивное пространство. Метод классификации объектов виртуальной реальности позволяет создать виртуальное адаптивное пространство, которое направлено на стимуляцию каналов восприятия субъекта виртуальной реальности. Метод классификации объектов базируется на парном сравнении интенсивности цвета объекта и эффективной площади объектов на двух изображениях. При этом показано, что при повышении уровня сегментации изображения повышается качество погружения объекта в виртуальное адаптивное пространство.

Ключевые слова: виртуальная реальность, дополненная реальность, виртуальное адаптивное пространство, экструзия, оптический параллакс, классификация объектов

METHOD FOR CLASSIFICATION OF OBJECTS OF THE VIRTUAL ADAPTATION SPACE

Dyupin V.N.

*Sarov Institute of Physics and Technology, Branch of the National Research Nuclear University MEPHI,
Sarov, e-mail: rehcraser@mail.ru*

The article discusses the technology of creating virtual reality, methods of immersing objects in virtual space and the technology of classifying objects in virtual space. The method of immersing objects in virtual reality is based on technical multimedia means of perception of the surrounding space and the method for calculating the optical parallax. The method of constructing a virtual reality object is to select a pair of images of the surrounding space, divide the image into fragments in width and height, and then extrude fragments of a two-dimensional image read from multimedia sensors. To improve the quality of the selection, the method of noise suppression at the border of objects is used, which consists in transferring images to the YCbCr color space, based on the color brightness gradation. The method of calculating the optical parallax makes it possible to restore a three-dimensional image of an object of the surrounding reality, a two-dimensional image of which is immersed in a virtual adaptation space. The method of classification of virtual reality objects allows you to create a virtual adaptive space, which is aimed at stimulating the channels of perception of the virtual reality subject. The object classification method is based on a pairwise comparison of the color intensity of an object and the effective area of objects in two images. At the same time, it was shown that with an increase in the level of image segmentation, the quality of immersion of an object in the virtual adaptive space increases.

Keywords: virtual reality, augmented reality, virtual adaptation space, extrusion, optical parallax, object classification

В настоящее время информационные технологии охватывают широкий спектр сфер деятельности человека. Большую роль в задаче информатизации производства занимают работы, связанные с разработкой цифровых двойников производственных процессов. Под цифровым двойником производственного процесса следует понимать компьютерную копию физического объекта или процесса, погруженного в среду имитационного моделирования. Среда имитационного моделирования создает виртуальное пространство, позволяющее исследователю взаимодействовать с цифровой копией объекта. Таким образом, задача создания циф-

рового двойника разбивается на два этапа, включающих этап создания имитационной среды и этап построения математической модели.

Изначально для визуализации окружающего пространства прибегали к концепции виртуальной реальности, которая предполагает полное погружение исследователя в виртуальный мир и моделирование всех видов взаимодействия с искусственным миром. Основным недостатком концепции виртуальной реальности является высокая сложность задачи моделирования взаимодействия исследователя с виртуальными объектами [1].

Следующим этапом эволюции систем для моделирования виртуального пространства стало появление систем дополненной реальности. Системы дополненной реальности реализуют гибридный подход, основанный на заимствовании физического взаимодействия исследователя с окружающим миром и расширения такого взаимодействия через внедрение компьютерных виртуальных моделей в визуальный канал восприятия исследователя.

Новым витком эволюции систем дополненной реальности стало появление систем виртуального адаптационного пространства. Виртуальное адаптационное пространство (ВАП) – воспринимаемая смешанная реальность, созданная путем введения в каналы восприятия сенсорных данных с целью компенсации поврежденных каналов восприятия субъекта виртуальной реальности [1]. Конкурирующей технологией для ВАП является кибернетической глаз Argus II [2]. Главное преимущество ВАП над Argus II заключается в отсутствии хирургического вмешательства. Основное преимущество систем ВАП над системами дополненной реальности заключается в комплексной активации нескольких каналов восприятия исследователя для динамической сбалансированной нагрузки на каждый канал восприятия [3, 4].

Особым преимуществом систем виртуального адаптационного пространства над остальными методами виртуализации является его компенсаторное влияние на каналы восприятия человека, когда один из каналов поврежден или слабо функционирует. Для взаимодействия человека с виртуальным пространством система виртуального адаптационного пространства использует датчики, которые осуществляют запись входного потока визуальной информации, а также осуществляют вывод данных с использованием средств для воспроизведения акустического сигнала.

В статье представлен пример погружения суперпозиции объектов физического пространства в виртуальное адаптационное виртуальное пространство и метод классификации объектов в виртуальном адаптационном пространстве.

Цель исследования заключается в проверке адекватности метода классификации объектов в виртуальном адаптационном пространстве.

Задачи исследования:

- построение виртуального адаптационного пространства;
- сегментация виртуального адаптационного пространства;
- выделение и погружение объектов в виртуальное адаптационное пространство;

- классификация объектов виртуально-адаптационного пространства;
- верификация метода классификации объектов.

Материалы и методы исследования

Для погружения объектов в виртуальное пространство система виртуального адаптационного пространства использует принцип оптического параллакса.

В качестве верификационного базиса виртуального адаптационного пространства была выбрана сцена объектов, которые различаются по ряду характерных признаков (форма, размера, освещенность и т.д.).

Следует учитывать, что процедура погружения объектов окружающего пространства должна выявлять и подавлять шумы на сцене объектов. В качестве таких шумов можно рассматривать совокупность небольших объектов, обладающих критически маленьким объемом для погружения в виртуальное пространство. В качестве второго примера шума может выступать пестрая текстура средних и крупных объектов виртуального пространства.

На рис. 1 представлена пара снимков сцены объектов, которые были получены с мультимедийных датчиков системы виртуального адаптационного пространства. Датчики системы расположены в горизонтальной плоскости на небольшом расстоянии друг от друга. Поэтому левое и правое изображение описывает одну сцену с небольшим отклонением в левую и правую сторону в зависимости от положения датчика. Пара снимков необходима для дальнейшей обработки методом классификации объектов ВАП.

В таблице приведен состав объектов сцены, включающий краткое описание объекта, его форму, пространственное расположение, расстояние от наблюдателя Z и обратное расстояние от самого удаленного объекта $R_i = Z/\max(Z)$.

На первом этапе метода классификации объектов ВАП при погружении объектов в виртуальное пространство используется метод расчета оптического параллакса, который позволяет восстановить форму наблюдаемых объектов, учитывая инвариантность пропорций наблюдаемых объектов относительно местоположения наблюдателя [5].

На рис. 2 представлена серия экспериментов по вычислению размеров объекта L в 2D пространстве. L – наблюдаемый объект. L' – образ объекта L в виртуальном пространстве. D – расстояние между наблюдаемым объектом и линзой камеры. D' – расстояние между линзой камеры и контактной матрицей мультимедийной камеры.



Рис. 1. Фотоснимки левой и правой части сцены объектов

Описание объектов сцены

№	Объект	Форма	Положение	Z[м]	R
1	Штанга	Цилиндр	Низ сцены	0,12	7,75
2	Пол	Плоскость	Центр сцены	–	–
3	Виток черного провода	Линия	Левый край сцены	0,45	2,07
4	Передняя ножка стула	Параллелепипед	Левый край сцены	0,51	1,82
5	Коробка 3D ручки	Параллелепипед	Правый край сцены	0,47	1,98
6	Коробка инструментов	Параллелепипед	Правый край сцены	0,46	2,02
7	Коробки с топливом 3D принтера	Параллелепипед	Левый край сцены	0,65	1,43
8	Виток красной пластмассы	Линия	Левый край сцены	0,69	1,35
9	Мяч	Шар	Центр сцены	0,73	1,27
10	Упаковка с тонером принтера	Параллелепипед	Левый край сцены	0,86	1,08
11	Задняя ножка стула	Параллелепипед	Центр сцены	0,9	1,03
12	Стена	Плоскость	Центр сцены	0,93	1
13	Тень объектов	Текстура	Рядом с объектами	–	–

На представленном выше рисунке зеленым крестом обозначено исходное местоположение линзы камеры мультимедийных датчиков системы виртуального адаптационного пространства. В представленной серии экспериментов рассматриваются 3 варианта дистанций между объектом и его проекцией, в каждом из вариантов положение линзы смещается вправо на одну клетку.

Согласно правилу вычисления оптического параллакса между объектом и его проекцией сохраняются пропорции отношений между размерами объектами и рас-

стояниями от объектов до линзы оптических устройств.

$$\frac{L}{L'} = \frac{D}{D'}$$

По известным параметрам L' , D' и коэффициенту уменьшения оптического прибора можно вычислить неизвестные параметры L и D .

Исходя из инвариантности осей прямоугольной системы координат, можно сделать вывод, что все правила по вычислению размеров в 2D пространстве применяются схожим образом и для 3D пространства.

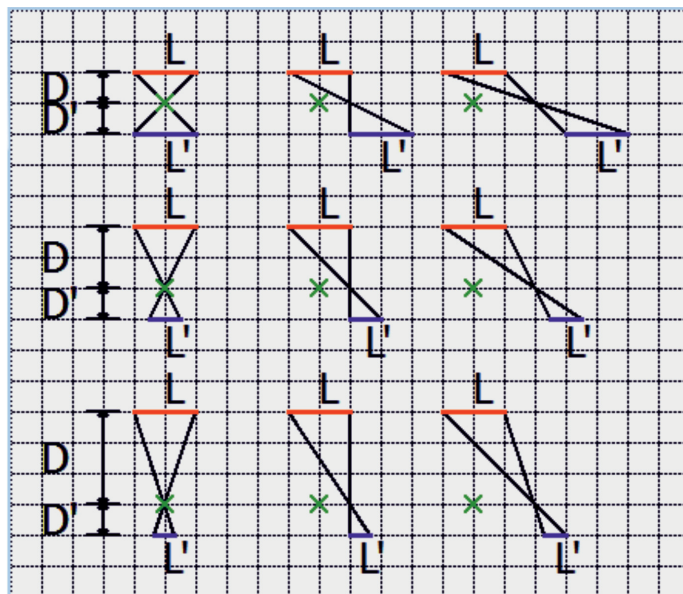


Рис. 2. Серия экспериментов по вычислению исходных размеров 2D объекта L

Наиболее сложной проблемой в системе виртуального адаптационного пространства является проблема обнаружения объектов в окружающем пространстве (проблема обнаружения и распознавания образов ОРО). Сложность решения проблемы ОРО в общем случае сопоставима со сложностью проблемы создания систем искусственного интеллекта. Из общего курса анатомии известно, что биологическим сенсором визуальной информации является глаз биологического объекта. Глаз снабжен чувствительной сетчаткой, в которой присутствуют чувствительные элементы: палочки и колбочки. Палочки сетчатки собирают информацию об интенсивности цвета окружающих объектов, а колбочки – о самом цвете объектов.

Подобно биологическому глазу датчики виртуального адаптационного пространства в первую очередь ориентируются на интенсивность отраженного света от окружающих объектов, а сам цвет объекта выступает вторичным признаком.

На втором этапе метода классификации объектов ВАП выполняется сегментация фотоснимков, которая заключается в разбиении исходного изображения по ширине w и высоте h на n сегментов и последующей обработке каждого сегмента. Изображение внутри каждого сегмента проецируется из цветового пространства RGB (соответствующего первоначальному цветному изображению) на ось Y цветового пространства $Y C_b C_r$, в котором Y соответствует интенсивности цвета пикселя сегмента.

Операция выделения объектов в виртуальном адаптационном пространстве сводится к операции поиска пикселя с максимальным значением интенсивности Y_{ij} в каждом сегменте. Следующая итерация выделения объектов заключается в поиске области однотонных пикселей вокруг пикселя с интенсивностью Y_{ij} и выделении граничных точек на каждой из областей.

Финальная итерация выделения объектов заключается в объединении границ однотонных объектов, расположенных на соседних сегментах изображения. Таким образом, множество объектов виртуального адаптационного пространства формируется из множества границ однотонных объектов на исходном изображении.

На рис. 3 представлены варианты границ объектов полученных при обработке фотоснимков рис. 1 с коэффициентом сегментации равным 16.

Для погружения объектов в виртуальное адаптационное пространство используются:

- операция классификации объектов на левом и правом изображении по признаку интенсивности цвета и площади объекта;
- операция экстрезии объекта по направлению нормали относительно плоскости рисунка на расстояние оптического параллакса объектов.

На третьем этапе метода классификации объектов ВАП путем парного сопоставления объектов на левом и правом изображении и, исходя из технических характеристик сенсорных устройств (например, оптической силы линз мультимедийных сенсоров

системы) вычисляется величина отношения размеров объектов окружающей реальности к размеру погруженных объектов в виртуальную реальность и информация о расстоянии отдаления от субъекта виртуальной реальности.

На рис. 4 представлен результат погружения объектов в виртуальное адаптационное пространство. Наиболее удаленный синий фрагмент сетки соответствует фраг-

менту штанги ($R_1 = 5.1$), погруженной в виртуальное пространство. Коричневые фрагменты соответствуют нижним фрагментам стула ($R_2 = 1.7$). Наиболее отдаленный синий фрагмент соответствует фрагменту стены ($R_3 = 1$). Серый фрагмент на синем фоне соответствует фрагменту коробки 3D ручки $R_4 = 1.3$. Максимальная величина абсолютной погрешности R_i для соответствующих объектов из таблицы составила 34%.



Рис. 3. Результат выделения границ объектов на исходных фотоснимках



Рис. 4. Результат погружения объектов в виртуальное адаптационное пространство

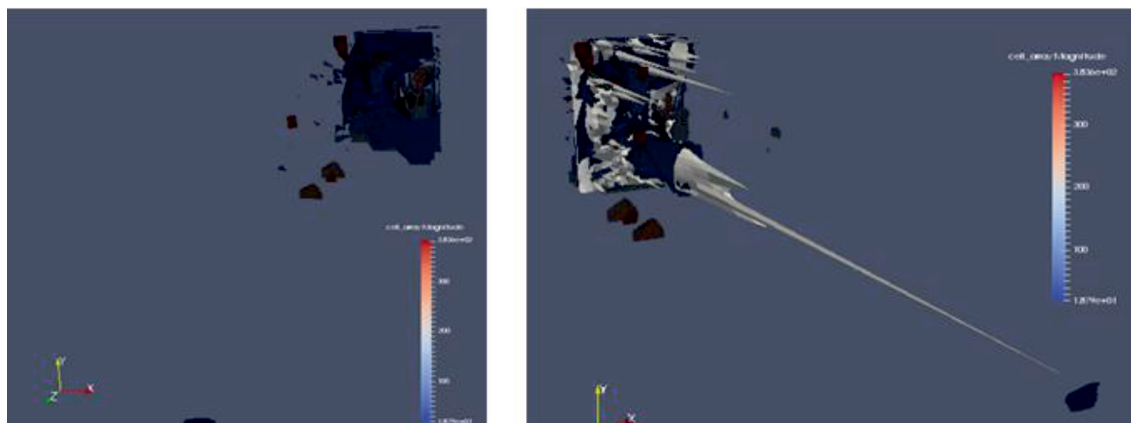


Рис. 5. Результат погружения объектов в виртуальное адаптационное пространство при увеличении коэффициента сегментации

На рис. 5 приведен результат погружения объектов в виртуальное адаптационное пространство при увеличении коэффициента сегментации изображения до 32. Белым слоем сетки на правом изображении отображена область интерполяции для карты высот объектов виртуальной реальности.

Значения обратного расстояния R для соответствующих объектов на рис. 5 равны фрагмент штанги ($R_1 = 7.1$), фрагмент стула ($R_2 = 2.39$), фрагмент стены ($R_3 = 1$), фрагмент коробки 3D ручки ($R_4 = 2.52$). Максимальная величина абсолютной погрешности R_i для соответствующих объектов из таблицы составила 31 %.

Результаты исследования и их обсуждение

В результате исследования было установлено, что метод классификации объектов виртуального адаптационного пространства применим к задачам выделения и погружения объектов. При увеличении сегментации изображения метод сохраняет устойчивость форм объектов. К недостатку метода можно отнести эффект слияния однотонных объектов при погружении их в виртуальное пространство.

Заключение

В статье был проведен анализ метода классификации объектов в виртуальном

адаптационном пространстве. Представленный метод опирается на технологии погружения объектов в виртуальное адаптационное пространство, методы расчета оптического параллакса объектов и метод экструзии объектов. Из полученных результатов можно сделать вывод, что метод классификации объектов содержит погрешности при обработке однотонных объектов, которые способны нивелироваться при увеличении коэффициента сегментации изображения и изменении порога родственности близкородственных объектов.

Список литературы

1. Дюпин В.Н. Модель виртуального адаптационного пространства // Научно-технический вестник Поволжья. 2019. № 3. С. 111–114.
2. Lauritzen T., Dorn J.D., Greenberg R.J., Neysmith J.M., Talbot N.H., Zhou D.D. Cortical visual prosthesis. [Electronic resource]. URL: <https://patentimages.storage.googleapis.com/02/d1/b4/9c6647255c8c9d/US20140222103A1.pdf> (дата обращения: 08.04.2021).
3. Логвенков С.А., Самовол В.С. Линейная алгебра. Основы теории, примеры и задачи. М.: МЦНМО, 2017. 188 с.
4. Васильев Р.А., Николаев Д.Б. Анализ возможностей применения голосовой идентификации в системах разграничения доступа к информации. Научный результат. Информационные технологии. 2016. Т. 1. № 1. С. 48–57.
5. Скворцов А.В., Мирза Н.С. Алгоритмы построения и анализа триангуляции. [Электронный ресурс]. URL: [https://www.indorsoft.ru/books/2006/SkvortsovAV-2006-08.Book\(Trn\).pdf](https://www.indorsoft.ru/books/2006/SkvortsovAV-2006-08.Book(Trn).pdf) (дата обращения: 08.04.2021).