

НАТУРНО-КОМПЬЮТЕРНЫЙ СТЕРЕОСКОПИЧЕСКИЙ МЕТОД РАСПОЗНАВАНИЯ ОБЪЕКТОВ

Abstract. A procedure for recognizing a camouflaged remote object based on the method of natural-computer stereomodeling and the operator method of stereotransformation are proposed.

Введение

Каждый человек из своего опыта знает, что при восприятии обычных (например, фотографических) стереопар трехмерные образы объектов (бинокулярные виртуальные образы), формируемые в процессе объединения в голове левого и правого изображений, довольно часто близко соответствуют образам, наблюдаемым каждым глазом в отдельности. Такой опыт послужил основанием предполагать, что ощущения объёмности при бинокулярном восприятии возникают как вторичные факторы после первоначального формирования более плоских монокулярных образов. Зачастую – это так. Зрительная система у человека настолько развита, что позволяет сначала узнать детали объектов, проанализировав изображения в каждом из глаз параллельно и отдельно, а уже потом определять их объёмные свойства на основе диспаратности. Доктор биологических наук Рыжкова Г.И. в рамках своих лекций назвала около 16 монокулярных факторов глубины, которые работают, когда мы смотрим одним глазом. Укажем на некоторые из них. Это: геометрические перспективные изменения, заслонение одних объектов другими, градиенты яркости и текстуры поверхности, уменьшение угловых размеров и контрастов, параллакс движения, наша память о форме предполагаемого объекта и другие. Был поставлен естественный вопрос, а является ли монокулярное узнавание объектов обязательным начальным этапом бинокулярного стереовидения? Ответ на этот вопрос – нет. И этот ответ был дан в начале 20 века, испанским учёным Рамон-и-Кахалем, который создал такой тест-объект, который был виден только в условиях бинокулярного наблюдения, а при переходе к монокулярному наблюдению (путём закрывания любого глаза) переставал восприниматься. Тест-объект, обладающий такими свойствами в литературе называют случайно-точечной стереограммой (СТС). В своей статье Кахаль следующим образом описывал, как можно получить стереопару, соответствующую современным СТС [1]:

«Для того чтобы эту идею воплотить в реальность, нам необходимо иметь две вещи: задний план с нанесёнными на него точками, тире, буквами или запутанными каракулями, а также большое и чистое стекло, на котором мы пишем то, что хотим выявить через стереоскоп. Для того чтобы оптическая иллюзия состоялась, необходимо, чтобы толщина линий и точек

была одинакова на заднем стекле и стекле с нашими каракулями. Ощущение выступления букв легко достигается при расположении стекла в 10–15 см от фона...» На рис. 1. приведена схема установки Кахеля для получения СТС.

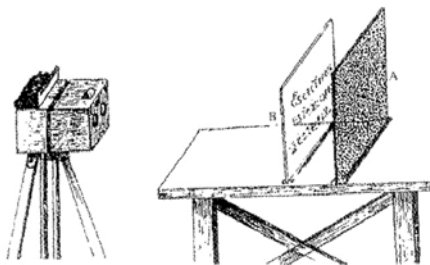


Рис. 1. Установка Кахеля

Предполагая применять своё изобретение в шифровальном деле, Кахаль подразумевал, что из отдельных кадров никакой информации извлечь будет невозможно: для дешифровки нужно будет иметь стереопару. В конце 30-х гг. прошлого века Б.Н. Компанейский специально занимавшийся теорией бинокулярного восприятия, задался вопросом: а не может ли не только определение глубины, но и само узнавание объектов, восприятие их формы полностью определяться относительными сдвигами соответствующих точек в левом и правом изображениях – бинокулярной диспаратностью?

Для ответа на этот вопрос Б.Н. Компанейский делал следующее (рис. 2) [2]. Он брал объёмный предмет – скульптуру, красил ее чёрной краской и устанавливал на чёрном фоне. После этого на фон и на предмет наносились белые точки, причём это делалось таким образом, чтобы при монокулярном наблюдении (как левым, так и правым глазом), не создавалось никакого «смыслового» рисунка. Затем с двух ракурсов делались фотографии предмета, составляющие стереопару. На этих фотографиях получались группы белых точек, беспорядочно разбросанных на однородном чёрном фоне (контуры и тени, указывающие на форму объекта, полностью отсутствовали). По каждой отдельной фотографии узнать объект было невозможно, однако при рассматривании пары фотографий в стереоскоп наблюдатель видел отчётливый объёмный образ сфотографированной скульптуры. Очевидно, что этот образ мог формироваться только благодаря функционированию бинокулярного зрения. Полученные опыты полностью подтвердили гипотезу Компанейского о возможности восприятия не только глубины, но и формы на основе диспаратности, за счёт работы чисто бинокулярных механизмов зрения.

Вскоре СТС были ещё раз «открыты» венгерским учёным Белой Юлешем, работавшим в США [3]. Юлешу удалось это сделать в значительной мере благодаря развитию компьютерных технологий. Для создания СТС Юлеш уже использовал не точки, а более крупные элементы – квадратики 4x4

пикселя. Никаких принципиальных препятствий для создания СТС, кодирующих объёмные объекты любой сложности нет, ограничивают лишь технические возможности.

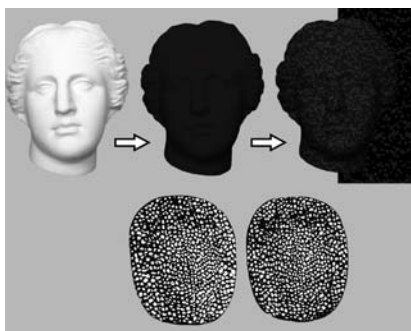


Рис. 2. Опыт Б.Н.Компанейского

На рис. 3 представлена объемная спираль из монографии Юлеша в анаглифическом виде. В дальнейшем распространение получили модифицированные СТС – так называемые автостереограммы, в которых вся информация для двух глаз содержится в одном изображении с повторяющимся псевдослучайным узором. Изобретатель – К. Тейлер [4]. Пример автостереограммы из работы [5] приведен на рис. 4.



Рис. 3. Спираль Юлеша

Метод распознавания

Выводы по исследованию СТС послужили толчком для решения практической задачи распознавания закамуфлированных удаленных трехмерных натуральных объектов. Предлагается представить удаленные закамуфлированные пространственные объекты в качестве натуральных

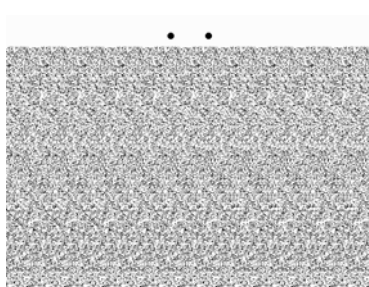


Рис. 4. Автостереограмма

случайно-точечных стереопар (НСТС); и для их распознавания применить метод натурно-компьютерного графического стереомоделирования [6], при котором НСТС будут поступать в стереокомплекс по каналам натурального стереовидения с увеличенным стереобазисом (в видимом или другом диапазоне). Компьютерная стереосоставляющая при этом поступает в общую зону стереовидения в качестве синтезированных каркасных изображений, накладываясь на натурную. Компьютерное каркасное изображение формируется исследователем с помощью программы, графические процедуры которой реализованы на базе операторного метода стереопреобразований [7], суть которого заключается в том, что установлено взаимно-обратное соответствие между трехмерными координатами произвольной точки искомого объекта, заданными в мировой системе координат, и стереокоординатами этой точки, заданными в экранной системе координат. Переход из 3D области в стереообласть выполняется с помощью, так называемого, прямого оператора стереопреобразования; обратный переход осуществляется с помощью обратного оператора стереопреобразования (рис. 5).

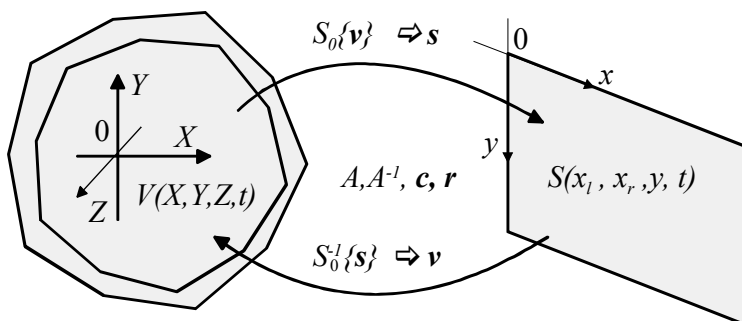


Рис. 5. Операторный метод стереопреобразования

$$\vec{s} = A(\vec{V} + \vec{c}) / (\hat{z}_0 - Z - \dot{z}), \quad \vec{V} = (\hat{z}_0 - Z - \dot{z})A^{-1}\vec{s} - \vec{c},$$

$$A = \begin{bmatrix} \hat{z}_0 & 0 & a - \hat{x}_0 \\ \hat{z}_0 & 0 & -a - \hat{x}_0 \\ 0 & -\hat{z}_0 & -\hat{y}_0 \end{bmatrix}, \quad A^{-1} = \frac{1}{2a\hat{z}_0} \begin{bmatrix} (a + \hat{x}_0) & (a - \hat{x}_0) & 0 \\ -\hat{y}_0 & \hat{y}_0 & -2a \\ \hat{z}_0 & -\hat{z}_0 & 0 \end{bmatrix},$$

где $2a$ – стереобазис, \vec{V} – вектор 3D-координат, \vec{s} – вектор стереокоординат, \vec{r}_0 – вектор постоянного стереоракурса, \vec{c} – вектор смещения начал координат мировой и экранной систем.

Было доказано, что если использовать анаглифический метод сепарации и каркасные графические процедуры, реализованные на основе операторного метода стереопреобразований, то после согласования стереобазисов, ракурсов, систем координат и других характеристик для натурального и компьютерного каналов стереовидения удастся распознать объемный натуральный объект и измерить трехмерные координаты любой выбранной его точки, рис. 6. Эта процедура выполняется с помощью 3D-курсора. С его помощью, также может быть снята каркасная копия фрагмента натурального объекта, которая в дальнейшем может быть подвергнута другим графическим 3D-процедурам: сдвиг, поворот, масштабирование и др, рис. 7.

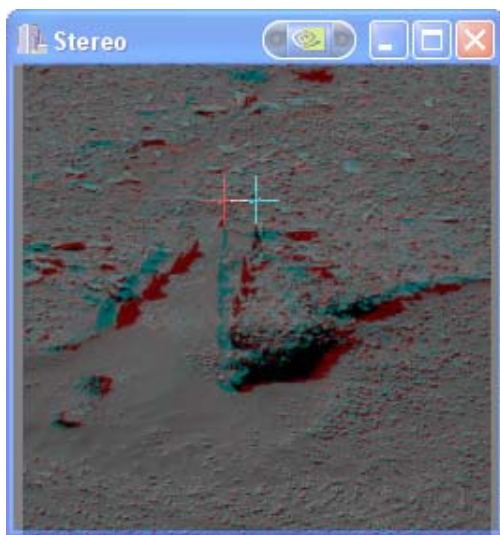


Рис. 6. Натурно-компьютерное стерео

Для распознавания удаленных закамуфлированных объектов необходимо увеличивать значение базиса стереокамер. Поэтому, если стоит задача измерения трехмерных координат выбранных точек натурального объекта, требуется увеличить и значение стереобазиса компьютерного канала

на такую же величину, как этого требует технология натурно-компьютерного стереомоделирования.

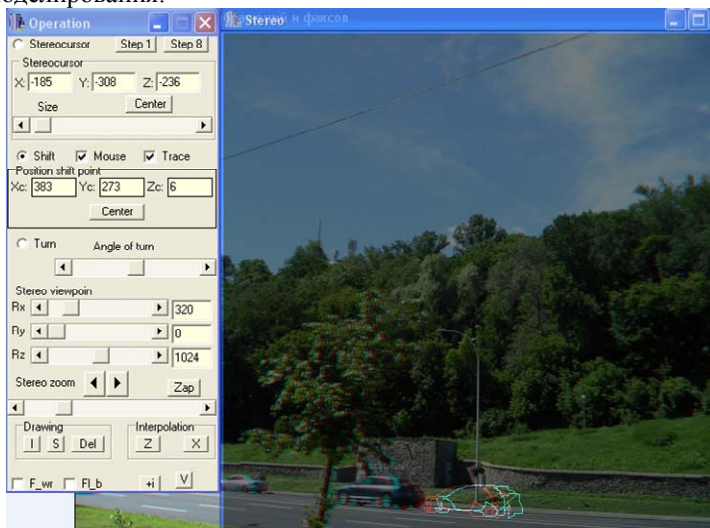


Рис. 7. Пример каркасной копии фрагмента натурального объекта

Поскольку оператор наблюдения смотрит на стереозэкран при нормальном глазном базисе, возникают геометрические деформации, рис. 8. Чтобы компенсировать геометрические искажения за счет разницы указанных стереобазисов, [8], требуется выполнить коррекцию, в соответствии с выражением:

$$\vec{v}'_i = \frac{(\hat{z}_o - Z'_i)}{(\hat{z}_o - Z_i)} \cdot T \bullet \vec{v}_i,$$

где b – половина величины стереобазиса натурального канала.

Выводы

Анализ истории создания случайных точечных стереограмм показал, что существуют такие стереоизображения, которые можно выделить из окружающего фона только при помощи принципов стереоскопии. Это натолкнуло на мысль, что специально закамуфлированные объекты, которые невозможно выделить на фоне окружающей среды на расстоянии, когда уже не работает бинокулярный аппарат человеческого зрения, можно распознать воспользовавшись натурно-компьютерным методом стереомоделирования, реализованным на базе теории операторных стереопреобразований. К достоинствам последних относится то, что для всех каркасных стереопроцедур, полученных на её основе, автоматически решена и задача краевого эффекта, и корреспондентская задача. Последнее обстоятельство

дает возможность без ошибок и в реальном времени отслеживать 3D-координаты центра фигуры прицеливания графического стереоуказателя.

$$T = \begin{bmatrix} 1 & 0 & \frac{\hat{x}_0(a-b)}{b \cdot \hat{z}_0} \\ 0 & 1 & \frac{\hat{y}_0(b-a)}{b \cdot \hat{z}_0} \\ 0 & 0 & \frac{a}{b} \end{bmatrix}$$

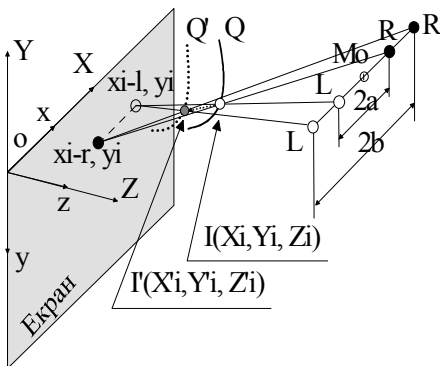


Рис. 8. Деформация при ином базисе стереовидения

Получена технология согласования всех необходимых параметров натурального и компьютерного каналов стереовидения, с тем, чтобы в общем виртуальном стереопространстве можно было устанавливать трехмерные координаты любой точки натурального стереоизображения, подводя к этой точке центр стереоуказателя.

Показано, что при увеличении стереобазиса натурального канала несовпадение его с глазным стереобазисом приводит к геометрическим искажениям и, как следствие, – к ошибкам измерений трехмерных координат искомого объекта. Приведены математические зависимости, учитывающие влияние данного вида деформаций на конечный результат измерений.

Таким образом, речь идет об инструментарии, который позволит расширить спектр возможностей пассивного дистанционного распознавания замаскированных объектов, определения трехмерных координат выбранных точек, а также снятия приблизительных скелетных стереокопий с объекта используя стереочки и натурно-компьютерную стереотехнологию.

1. *Cajal C.R.* Recreaciones estereoscopicas y binoculares / C.R. Cajal // La Fotografia. – 1901. – V.27. P.41-48.
2. *Kompaneysky B.N.* Depth sensations. Analysis of the theory of stimulation by non-exactly corresponding points / B.N. Kompaneysky // Bulletin of Ophthalmology (USSR). –1939. –

Vol. 14, N 1. – P.90-105.

3. Julesz B. Foundation of cyclopean perception / B. Julesz // Chicago: Univ. Chicago Press, – 1971. – 406 p.
4. Tyler C.W. The autostereogram / C.W. Tyler, M.B. Clarke // Proc. SPIE. – 1990. – N 1256. – P.182-197.
5. Rozhkova G.I. Tables and tests for assessment of visual capabilities. / G.I. Rozhkova, V.S. Tokareva // Moscow: Vldos. – 2001. – 104 p.
6. Груц Ю.Н. Method of Model-Computer Stereomodelling / Ю.Н. Груц // Engineering Simulation. – 1997, Vol.14. – С.681-690.
7. Груц Ю.Н. Стереоскопическая машинная графика / Ю.Н. Груц // Киев: Наук. Думка. – 1989. – 160 с.
8. Gruts Yu.N. Stereoscopic operators and its application / Yu.N. Gruts, Jung-Young Son // Proceedings of The 6th International Workshop on 3-D Imaging Media Technology and The 5th Photonic Information Processing Conference. – Vol. 6, N1. – 2000. – P.34-38.

Поступила 3.09.2018р.

УДК 681.3

О.О. Висоцька, Київ

МОНІТОРИНГ РОБОТИ КОРИСТУВАЧІВ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ ЗА ДОПОМОГОЮ ТЕХНОЛОГІЙ РОЗПІЗНАВАННЯ ЗА КЛАВІАТУРНИМ ПОЧЕРКОМ

Abstract. In this article it is suggested to use the method of recognition on the person's handwriting keyboard, for implementation monitoring of work of users of the computer systems. Characteristics of handwriting that was afterwards analyzed for realization of monitoring are chosen. Requirements to the training samples and stages of their selection are certain. The series of experiments is conducted.

Вступ

Зараз фактично в усіх сферах діяльності людини використовуються комп'ютери. Великі об'єми інформації вводяться, зберігаються і обробляються з використанням систем керування базами даних та інших комп'ютерних систем (КС). Під час виконання більшості операцій, в тій чи іншій мірі, задіяні люди, наприклад, оператор, який вводить інформацію в базу даних або співробітник, який контролює характеристики роботи якої-небудь автоматизованої системи. Відповідно, на надійність роботи КС, в усіх цих випадках, значно впливає людський фактор. Тобто якщо співробітник неуважний (відповідно до свого характеру або з яких-небудь тимчасових проблем) або часто відволікається, то він припускатиметься помилок, під час вводу інформації в базу даних або під час обробки інформації, що в ній