

3. Сипайлов Г. А., Кононенко Е. В., Хорьков К. А. Электрические машины (специальный курс). М.: Высш. школа, 1987.
4. Лайон В. Анализ переходных процессов в электрических машинах переменного тока. М. — Л.: Госэнергоиздат, 1958.
5. Мартин Т. Л. Физические основы электротехники. М. — Л.: Госэнергоиздат, 1961.

Сведения об авторе

Анатолий Иванович Коршунов — д-р техн. наук, профессор; Военно-морской политехнический институт ВУНЦ ВМФ „Военно-морская академия им. Н. Г. Кузнецова“, кафедра радиоэлектроники, Санкт-Петербург; E-mail: a.i.korshunov@mail.ru

Рекомендована кафедрой
радиоэлектроники

Поступила в редакцию
07.01.14 г.

УДК 513; 535

С. Н. ГУЗЕВИЧ

МОДЕЛЬ ЗРИТЕЛЬНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Рассматривается модель зрительных измерений, основанная на методе центрального проецирования образов объектов с помощью парной проективной системы координат, что позволяет обеспечить относительность, детерминированность, контролируемость и достоверность измерений.

Ключевые слова: зрение, метод центрального проецирования, парная проективная система координат, отображение, образ, луч.

Введение. Зрение — как основное физиологическое средство познания человеком окружающего мира — позволяет ему получать представление о величине, форме и цвете предметов, их взаимном расположении и расстоянии между ними. Принципы и методы, аналогичные функциям зрительной системы, положены в основу построения технических средств, измеряющих расстояния до объектов и их размеры.

Однако использование в технических средствах элементов технологии зрительного процесса не обеспечивает требуемой точности измерений линейных параметров объекта, для которых характерны вероятные и случайные явления. Кроме того, модельные зависимости, описывающие этот процесс, не детерминированы, т.е. имеют решение только итерационными методами. Особенно эти недостатки проявляются при измерении пространственных размеров объектов в отсутствие опорных измерений. При этом начальное представление об объекте формулируется приближенно, и его модель принимается с некоторыми упрощениями или допущениями, удовлетворяющими требованиям практики. Но всякое допущение является отступлением от реального процесса и приводит к трансформируемой погрешности.

В этом случае критерием при построении модели процесса измерений будет критерий, который обеспечит получение информации, наиболее полно отражающей реальность [1].

Анализ существующей методики зрительных измерений. Рассмотрим процесс, который обеспечивает сжатие информации при зрительном восприятии, т.е. рассмотрим основные условия трансформации пространственных объектов больших размеров в их плоскостной образ малого размера.

Отображение объектов на плоскости возможно двумя методами: параллельного и центрального проецирования. Параллельное проецирование обеспечивает абсолютно точное построение образов объекта, однако не допускает динамического сжатия информации. Цен-

тральное проецирование позволяет получить достоверное отображение размеров объекта в динамике, т.е. обеспечить сжатие информации при зрительном восприятии. На использовании данного метода базируется работа всех излучателей и измерителей электромагнитных полей, в том числе и светового диапазона.

Однако в настоящее время модельное описание процесса функционирования разных анатомических структур глаза и их моделирование в технических устройствах не полностью соответствует методу центрального проецирования. Так, например, в геодезии при использовании принятой методики сжатия информации не удастся определить один и тот же маршрут с одинаковой точностью.

В этой связи, несмотря на широкое использование современной модели строения глаза, а также успехи техники при создании его искусственных элементов, общую модель зрительных измерений нельзя признать правильной. Это может быть связано с тем, что все известные модели построены для объяснения локальных задач, например офтальмологии и оптики.

Моделирование зрительных измерений. При использовании метода центрального проецирования процесс измерений разбивается на два этапа: процесс отображения объекта на плоскости и процесс нормирования плоскостного отображения или его реального измерения.

Основным является процесс отображения, при котором сжатая информация проецируется на „матрицу“ из колбочек-палочек. Процесс нормирования характеризуется разрешающей способностью, которая определяется размером ячеек матрицы колбочек-палочек.

Процесс центрального проецирования может быть описан только с использованием проективной системы координат, применяемой, в частности, в проективных устройствах и способной отображать процессы в движении. Однако такая система имеет только одно плоскостное отображение объекта, и соответственно ее невозможно использовать для измерений [2]. Поэтому предлагается использовать парные проективные системы координат (рис. 1), которые позволяют реализовать измерения в метрике 4D.

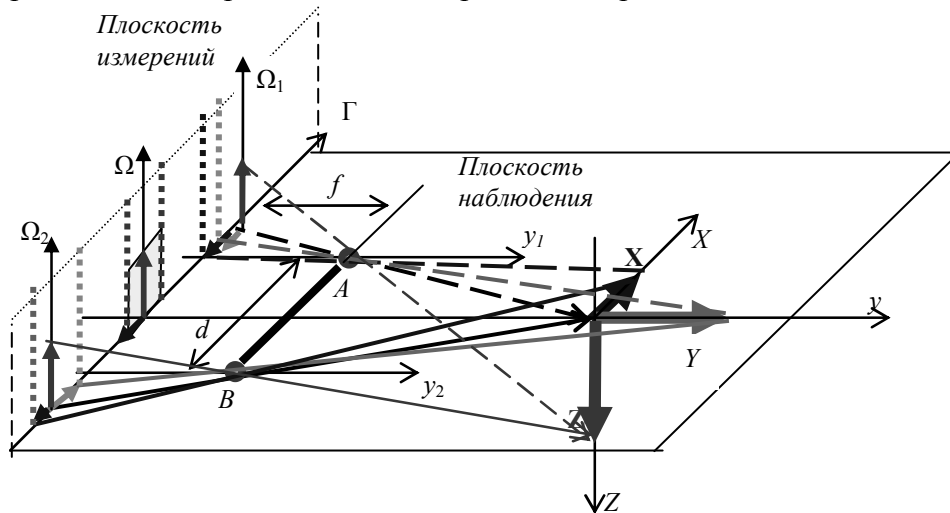


Рис. 1

Парная проективная система координат имеет существенные отличия от проективной системы не только по количеству элементов и их расположению, но и по их функциональным возможностям.

Главное отличие данной системы — наличие всего одной измерительной плоскости $\Gamma\Omega$ при возможности пространственных измерений и отображений. На плоскости $\Gamma\Omega$ расположены два проецируемых образа объекта, каждый в своей системе координат ($\Gamma_1\Omega_1$, $\Gamma_2\Omega_2$), и общий образ, наблюдаемый стереоскопически. Проекции объекта располагаются на одной или

параллельных плоскостях, а база d , заключенная между измерителями A и B , является мерой измерений как в пространстве, так и во времени. Измерения в парных проективных системах координат являются относительными, но если база имеет оценку в „абсолютных“ мерах, то результаты измерений будут выполнены в общепринятых мерах.

Параметрами отображения являются разрешающая способность и достоверность образа, определяемая полнотой полученного отображения объекта [3].

Геометрическая модель построения зрительных отображений. Рассмотрим модель отображений в проективной системе координат. При геометрическом отображении все построения линейные, в них неизменным является размер объекта наблюдения независимо от его положения относительно глаз. При указанных линейных построениях, в отсутствие допущений, постоянным является произведение изменяемых параметров.

Геометрическая модель зрительных отображений при продольном расположении измерителей показана на рис. 2. Рассмотрим процесс измерения одной из сторон D пространственного объекта — прямоугольного параллелепипеда. Построим через базу d , соединяющую центры проекций $1, 2$ и наблюдаемую прямую D , плоскость.

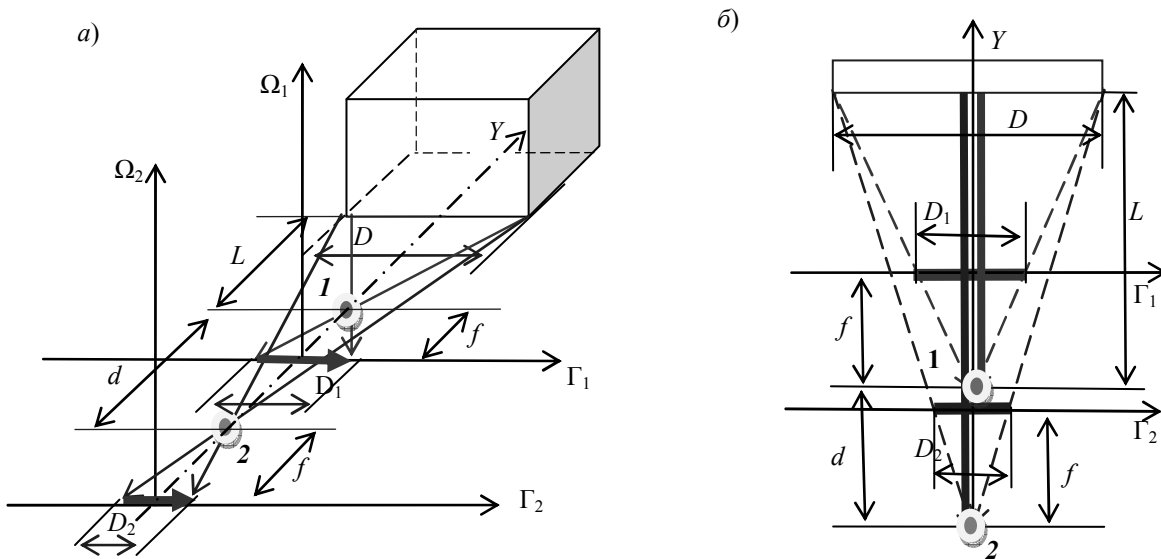


Рис. 2

Из геометрических построений следует, что

$$\frac{L}{D} = \frac{f}{D_1}, \quad \frac{L+d}{D} = \frac{f}{D_2}, \quad S_1 = S_2 = LD_1 = (L+d)D_2. \quad (1)$$

Так как размеры D_1 и D_2 являются отображением одного отрезка D на различных расстояниях, то из выражения (1) следует, что площадь отображения объекта в плоскости наблюдения есть величина постоянная.

Выражения (1) позволяют записать следующую аналитическую зависимость:

$$S_1 = S_2 = \frac{1}{2}LD_1 = \frac{1}{2}(L+d)D_2; \quad (2)$$

$$(L+d)D_2 = LD_1, \quad L = \frac{d}{D_1/D_2 - 1}. \quad (3)$$

Используя выражения (2), (3) и в соответствии с рис. 2, б, определяем размер отрезка D :

$$D = D_1L / f. \quad (4)$$

Однако база измерений (т.е. глаза человека) расположена не по направлению на объект, а параллельно ему (рис. 3). На объект направлены оптические оси Y_1, Y_2 , через которые по-

строена плоскость. В этом случае ось Γ является общей для центров проецирования $1, 2$. Эта система представляет собой поперечную парную проективную систему координат.

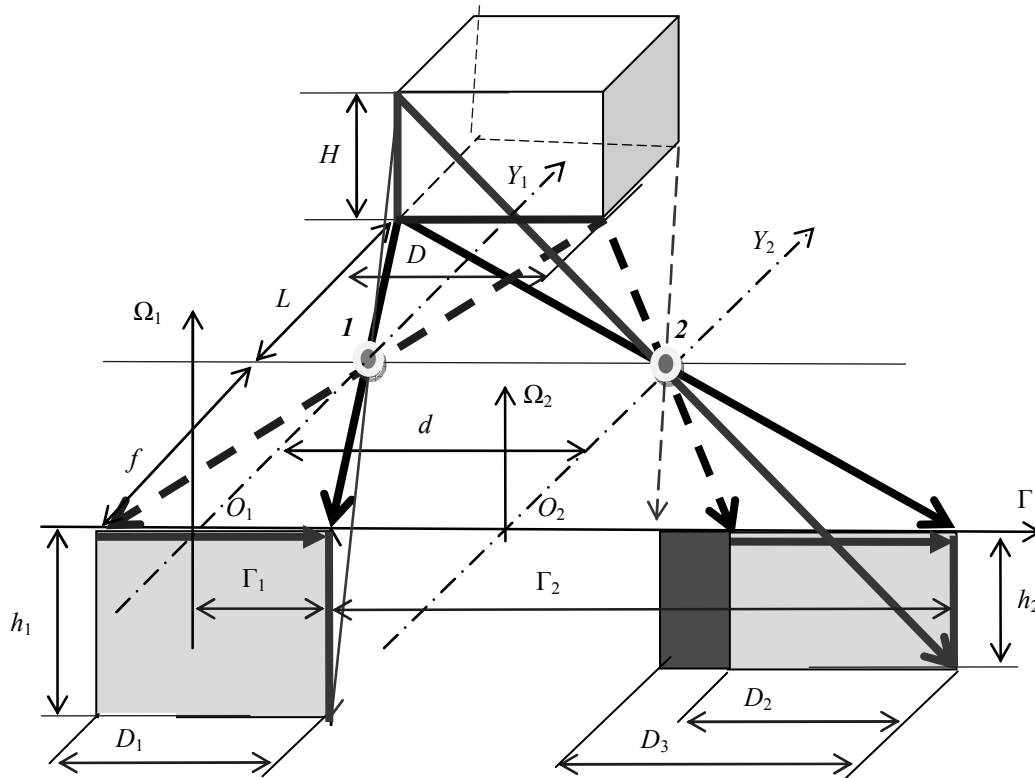


Рис. 3

Проецируем сторону D наблюдаемого объекта на плоскость, а затем — в направлении, параллельном базе d . Для упрощения рассмотрим вариант, когда отрезки D и d параллельны. В этом случае исходя из геометрических построений получим:

$$D_1 = D_2, \quad D_1 f = D_2 f, \quad S_1 = S_2. \quad (5)$$

Так как размеры D_1 и D_2 являются отображением одной проекции отрезка D , то из выражения (5) следует, что площадь отображения объекта в плоскости наблюдения есть величина постоянная.

Таким образом, в парных продольной и поперечной проективных системах координат используется один параметр — площадь отображения объекта, который является основанием для построения моделей.

Процесс измерений в парной поперечной проективной системе координат (см. рис. 3) более сложен, чем в продольной. Проекция параллельных прямых D и d на ось Γ всегда является постоянной величиной (т.е. $D_1 = D_2$). Однако если, например, $d > D$, то на ось Γ дополнительно проецируется ортогональная сторона объекта. Наблюдаемая проекция, например D_3 , может содержать проекцию второй ортогональной стороны прямоугольника. В этом случае $D_1 \neq D_3$. Разделить проекцию D_3 на части невозможно без наличия дополнительной информации, которая определяется физическим параметром — освещенностью.

Для определения величин L и D используем следующие, исходящие из геометрических построений, выражения:

$$\frac{\Gamma_2}{L + f} = \frac{d}{L}; \quad L = \frac{fd}{\Gamma_2 - d} = \frac{f}{\Gamma_2/d - 1}, \quad D = D_2 \frac{L}{f}. \quad (6)$$

Модель зрительных измерений во времени. Для унификации и определения связи размеров образов с положением и размерами объекта используем параметр времени в проективной системе координат.

Построим логическую модель сканирующих измерений, используя принцип относительности и выполняя измерения с помощью устройств, находящихся на известном расстоянии друг от друга по вертикали. Рассмотрим работу локатора, состоящего из излучателя 1 и установленных по осям координат Y и Z на известных базах d_Z , d_Y пар измерителей 2-3 и 3-4 (рис. 4).

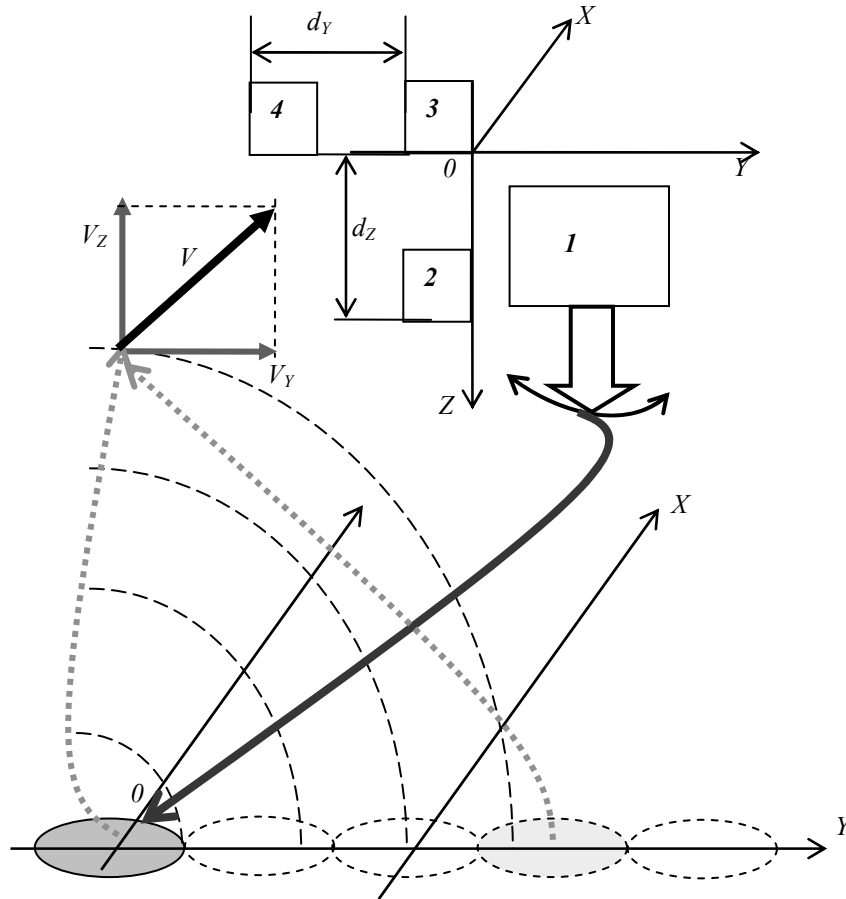


Рис. 4

Локатор перемещается по направлению оси X . Излучение локатора распространяется по траектории, зависящей от плотности слоев внешней среды, изменяющихся во времени и в пространстве. Сигнал имеет в общем случае три составляющие скорости, две из которых, ортогональные базе, не влияют на время поступления сигнала на измерители. На разность сигналов влияет только составляющая скорости, которая совпадает с направлением базы.

Изменяя частоту развертки приемника сигнала, можно обеспечить любую заданную относительную погрешность измерений расстояний по направлению баз. При этом исключается влияние изменчивости среды на получаемые результаты. Одновременно оценивается скорость распространения сигналов в направлении осей координат:

$$t_2 = \frac{Z}{V_{23}}; \quad t_3 = \frac{Z+d}{V_{23}}; \quad V_{23} = \frac{d}{|t_3 - t_2|} = \frac{d}{\Delta t_{3-2}};$$

$$Z = \frac{d_Z t_2}{\Delta t_{3-2}} = \frac{d_Z}{(t_3/t_2) - 1}; \quad X = \frac{d_X t_4}{\Delta t_{3-4}} = \frac{d_X}{(t_3/t_4) - 1},$$

где V_{23} — оценка скорости сигнала в направлении локатора; t_2 , t_3 , t_4 — интервалы времени от момента излучения сигналов до приема антеннами 2, 3, 4.

Так как все построения в парной проективной системе координат линейные, то по оценке скорости сигнала определяется расстояние от локатора до объекта:

$$R = \sqrt{Y^2 + Z^2}.$$

Относительная погрешность измерений

$$\varepsilon_{Z(Y)} = \frac{\Delta}{t_3 - t_2} + \left(\frac{t_3}{t_2} - 1 \right),$$

где Δ — дискретность измерений времени.

Заключение. На основе описания зрительного процесса методом центрального проецирования в парной проективной системе координат построена детерминированная модель относительных измерений положения и размеров пространственного объекта по его образам, обладающая возможностью многократного контроля полученных результатов.

Представленные результаты показывают следующее:

- основным процессом сжатия информации при зрительных измерениях является метод центрального проецирования при использовании парной проективной системы координат;
- предложенная модель зрительных измерений обеспечивает относительные измерения объектов в пространстве и времени, основой которых служит размер базы между измерителями (глазами);
- предложенная модель зрительных измерений отражает их детерминированность, высокую точность, контролируемость, достоверность и надежность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пузырев Н. Н. О моделях разведочной сейсмологии // Геофизика. 2001. № 5. С. 1—19.
2. Офтальмология. Учебник для вузов / Под ред. Е. А. Егорова. М.: „ГЭОТАР-Медиа“, 2008. 240 с.
3. Лопатников В. А. Словарь „Психология труда“. СПб: РНБ, 2005.

Сведения об авторе

Святослав Николаевич Гузевич — канд. техн. наук; ОАО „Государственный научно-исследовательский навигационно-гидрографический институт“, Санкт-Петербург;
E-mail: guzevich@yandex.ru

Рекомендована Институтом

Поступила в редакцию
12.05.14 г.