

МАТЕМАТИКА

УДК 513; 535.

ПАРНОСТЬ – ОСНОВА ДОСТОВЕРНОСТИ НАВИГАЦИОННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Гузевич С. Н.

*АО «Государственный научно-исследовательский
навигационно-гидрографический институт», г. Санкт-Петербург
(АО «ГНИНГИ»)*

PAIRING - THE BASIS OF THE RELIABILITY OF NAVIGATION MEASUREMENTS

Guzevich S. N.

*JSC "State Research Navigational and Hydrographic Institute "
(GNINGI JSC),
St. Petersburg*

Аннотация. В статье рассмотрены роль парности в пространственно временном континууме явлений природы, и влияние выбора средств и методов измерений для установления достоверных отношений между ними. Установлены условия использования парной проективной системы координат для выполнения равновесных измерений пространственного положения, размеров материальных объектов и параметров их физических полей, наблюдаемых под разными параллактическими углами. Выведены зависимости, описывающие достоверное положение точечных и линейных объектов в пространстве при их описании в парной проективной системе координат. Проверка закона физических равновесных измерений выполнена на модели поля диполя (магнита линейной формы), обеспечившей одновременные измерения параметров магнитного поля и положения и размеров источника поля. В качестве измеряемого параметра магнитного поля использовался его градиент, измеренный в границах первичного преобразователя.

Annotation. The article discusses the role of pairing in the space-time continuum of natural phenomena, and the influence of the choice of means and measurement methods for establishing reliable relationships between them. The conditions for the use of the pair projective coordinate system are established for performing equilibrium measurements of the spatial position, dimensions of material objects and parameters of their physical fields observed at different parallax angles. Dependencies are derived that describe the reliable position of point and linear objects in space when they are described in a pair of projective coordinate systems. The verification of the law of equilibrium measurements was performed on a dipole field model (a linear-shaped magnet), which provided simultaneous measurements of the parameters of the magnetic field and the position and size of the field source. As a measured parameter of the magnetic field, its gradient measured within the limits of the primary transducer was used.

Ключевые слова: Парная проективная система координат, точка, образ объекта, перспективное отображение, неопределенность, достоверность, принцип парности, база, время, пространство.

Key words: Pair projective coordinate system, point, object image, perspective display, uncertainty, reliability, pairing principle, base, time, space.

Процесс измерений, его точность и достоверность являются основой развития науки, основой действительности ее научных достижений в познании природы.

Достоверность – параметр качества методических процессов, выполняемых человеком, отражающих точность их аналитического описания. Достоверность измерений основана на сравнении и установлении равенства наблюдаемого на расстоянии образа объекта (его параметра, процесса, явления) с самим объектом, полученного в процессе прямых измерений. Сравнение выполняется при нормировании линейных размеров образов и самого объекта проявляется в их равенстве или пропорциональности.

В основе большинства технических средств лежат измерения, описывающие взаимное положение измерителя и объекта, которые можно назвать одним словом - навигационные. В настоящее время навигационные измерения

метрологически имеют параметр качества - неопределенность, который отражает реальное качество их выполнения. Этот параметр автоматически переносится на большинство результатов измерений различных параметров в окружающем пространстве, отражая качественную сторону, как навигационных измерений, так и достижений в тех областях знаний, в которых эти результаты получены. В большинстве случаев они и не могут получить однозначное сравнение, так как они получены в перспективе, кроме того они могут быть получены на глубине, в космосе, отображение которых прямыми измерениями получить невозможно.

Мировая метрологическая служба описывает качество измерений большого ряда параметров термином – неопределенность [1]. Этих технически

реализованных и широко используемых устройств, построенных на измерениях, отмеченных качеством неопределенность - множество. К ним относятся методы и устройства, направленные на решение обратных физических и навигационных задач, использование которых дает не всегда однозначные результаты, а контроль и проверка их просто невозможна [2-5]. Одной из таких задач является описание магнитных полей объектов, которые построены на модели пространственного распределения поля в виде рядов, описывающих результаты измерений приближенно. При этом большинство физических законов не учитывает размеров объектов, так как модельно объекты представляются точками: это и электродинамика Максвелла, законы термодинамики, постулаты Эйнштейна и многие, многие другие. Это подтверждают и многолетние дискуссии о достоверности этих законов. Но при этом в настоящее время простейшие, но основные явления и свойства природы не могут быть объяснены, ни проконтролированы, наиболее важные из них время, пространство и их связь.

Ответа о достоверности этих законов НЕТ и НЕ БУДЕТ, если не будет обеспечена достоверность навигационных измерений, а контроль достоверности измерений не будет обязательным правилом контроля на каждом цикле измерений.

Работа посвящена обоснованию условий навигационных измерений полей и объектов в пространстве с оценкой – «ДОСТОВЕРНОСТЬ», основанных на равновесии образов в парной проективной системе координат [6].

О средствах воспроизведения и излучения полей в пространстве и их закономерностях

Прежде всего, перед установлением отношений в пространственно-временном континууме в явлениях природы, необходимо установить с помощью каких *средств и методов* мы его воспринимаем. Основным средством познания природы является зрение, в котором наше восприятие пространства отображается парно на плоскости, используя метод центрального проецирования и проективную систему координат. Отображение объектов природы получают в перспективе. *Имея два «неизвестных» аргумента (время и пространство) в явлениях природа создала условия их парного отображения. Если получаемые отображения связаны линейными зависимостями, то они «достаточно просто» могут быть разделены при описании континуума системой из двух линейных уравнений.*

Рассмотрим самые общие проявления времени и пространства, их природное взаимодействие и нормирование для оценки возможности выделения общих и отличительных свойств и их систематизации, используя известную парную - стереоскопическую систему координат (рис.1).

Имея парную систему координат, разделение явлений, форм, параметров материи можно выполнить, выделяя их общие свойства, которые

будут опорой измерений, и их отличия, которые будут условиями разделения.

Пространственные и временные параметры при отображении в парной проективной системе координат располагаются на одной общей оси координат, связанной с базой измерений, которая обозначена буквой Γ и названа общей измерительной осью. На базе располагаются измерители **1** и **2** и она нормируется.

Вторая ось на плоскости наблюдения YOG связана с осями измерителей, которые параллельны и направлены на объект, расположенный в зоне их наблюдения. Нормировка осей координат выполняются автоматически в процессе измерений. Разделение физических и линейных параметров объектов основаны на простейших свойствах их отображения в образах:

При увеличении расстояния до измерителя размеры образов объектов на общей измерительной оси – уменьшаются, а полей – увеличиваются, а отображение на второй измерительной оси в плоскости наблюдений в любом случае – уменьшаются. (Размеры образа поля определяются касательными к поверхности равного потенциала на расстоянии измерений)

Все поля являются системами вращающихся векторов, различных частотных диапазонов, имея в идеале шаровую форму, как и их потенциальные поля. При увеличении расстояния до измерителя радиусы полей увеличиваются, а их амплитуда пропорционально уменьшается, обеспечивая постоянство их произведения или условие закона равновесия. Это обеспечивает в любом постоянном секторном угле постоянство потенциала, распределенного по поверхности сектора на произвольном радиусе или постоянство произведения диаметра сечения сектора на амплитуду поля.

Эти известные свойства позволяют однозначно разделить сигнал излучаемого поля объекта на две части, первоначально по отличиям в положении, а второй - по отличиям в форме материи. При этом первое разделение, выполняют в суммарной системе YOG парной проективной системе, разделяя пространство во времени; а второе – в локальных системах выделяя время (физический параметр), но в пространстве.

Достоверное измерение положения пространственной точки, расположенной на одной плоскости с парными измерителями

Стереоскопическая система координат является парной проективной системой координат, отображение объектов в которой выполняется в перспективе через каждый из измерителей. При выполнении проективных построений, показанных на рис.1А, лучи, идущие от точечного объекта **В**, проходят через измерители, расположенные на концах базы d , и проецируются на ось измерений Γ , расположенную на отстоянии f от базы. Общепринято эту модельную связь описывать пространственным параллактическим углом α_B , который связывает базу и пространственное положение точки следующей зависимостью [4]:

$$\operatorname{ctg} \frac{\alpha_B}{2} = \frac{L_B}{2d} .$$

И хотя эта зависимость правильная, но она не может быть точно реализована из-за отсутствия доказательства расположения точки **B**, ее проекции и пары измерителей на одной плоскости. Доказательством расположения элементов измерителя и точки **B** на одной плоскости ΓOY служит расположение проекций всех пространственных и временных параметров положения точки на общей измерительной оси Γ .

Точная геометрическая связь описывается через площади подобных треугольников

$(S(\Delta A12) \equiv s(\Delta 2A'a))$, выделенных на рис.1А цветом. Для доказательства этого проведем через измеритель **2** и точку пересечения его луча с осью Γ , две прямые параллельные лучу, проходящему через измеритель **1**. Получаем два подобных параллелепипеда, выделенные цветом, каждый из которых состоит из двух подобных треугольников, площади которых связаны следующими зависимостями:

$$S(A12) = \left(\frac{d \cdot L_A}{2}\right) ;$$

$$s(2A'a) = (d_A \cdot f) - (d \cdot f) = f(d_A - d)$$

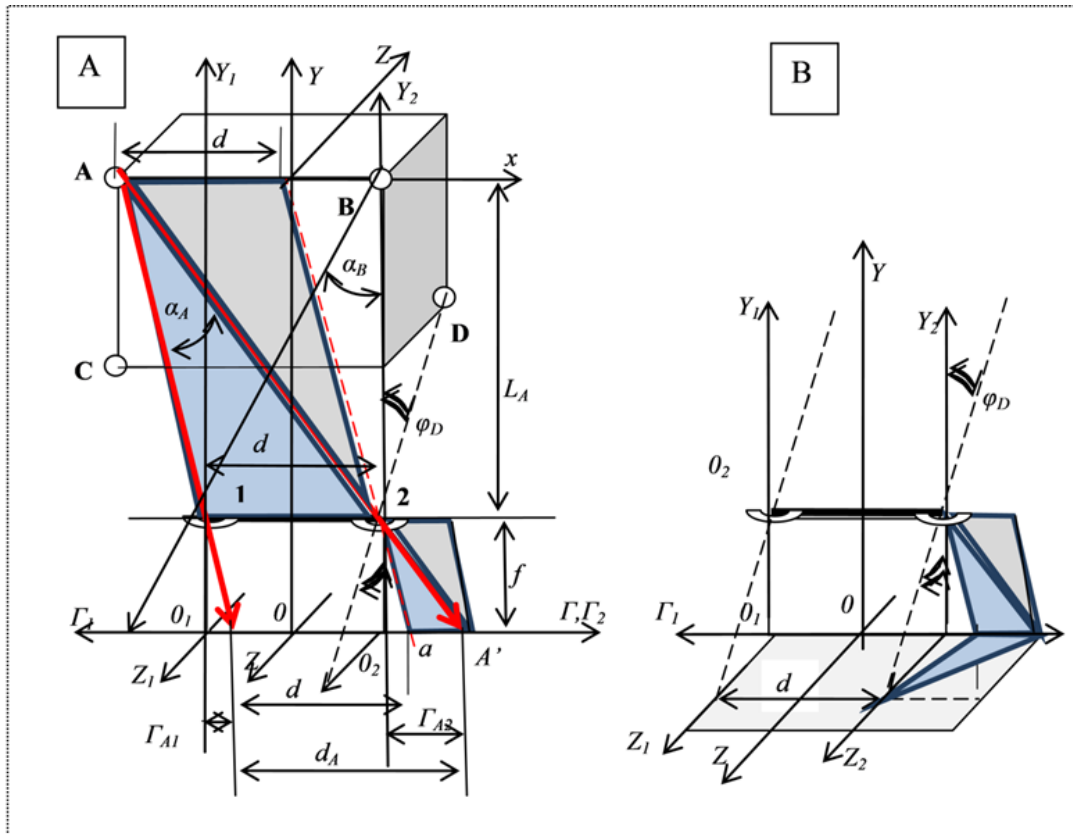


Рис.1. Модель измерения отображения пространственной точки в парной проективной системе координат

Это равенство обеспечивает преобразование параллактического угла α_A , под которым из точки **A** видна база d , в равенство размеров поверхности парного измерителя и поверхности, связанной с приращением проекции базы $(d_A - d)$ в параллактическом угле на отстоянии L_A от базы:

$$\frac{L_A}{d} = \frac{f}{d_A - d} ; L_A(d_A - d) = f \cdot d ; (1)$$

Эта зависимость реализуется для всех точек поверхности параллелепипеда **A, B, C**, расположенных на этой же плоскости:

$$L_B(d_B - d) = f \cdot d ; L_C(d_C - d) = f \cdot d .(2)$$

Подобие треугольника, связанного с параллактическим углом, под которым из точек наблюдения проецируется база d на измерительную ось Γ , с суммарным составным треугольником, выделенных цветом для точки **A**, связанным с проекциями базы, является опорой параллактических измерений.

Обозначив суммы поверхностей первоначально треугольников и прямоугольников, связанных с проекциями каждой из точек в пространстве через S_A, S_B , а площадь поверхности измерителя через s , тогда из выражений (1 и 2) следует:

$$L_A(d_A - d) = L_A \Gamma_A = f \cdot d ; S_A = L_A \Gamma_A ;$$

$$L_B(d_B - d) = L_B \Gamma_B = f \cdot d ; S_B = L_B \Gamma_B .$$

$$S_A = S_B = s ; L_A \Gamma_A = L_B \Gamma_B = f \cdot d = s .(3)$$

Где $\Gamma_A = -\Gamma_{1A} + \Gamma_{2A}$ - положение точки **A** относительно центра 0.

S_A, S_B - трансформируемые поверхности проецирования точек **A** и **B**;

$s = f \cdot d$ - площадь поверхности измерителя.

Зависимость (3) отражает два свойства, характеризующих условия достоверности измерений расположения точки на плоскости,

связанной с базой парной проективной системы координат:

1. Постоянство площади поверхности базы s .
2. Равенство площади поверхности парного измерителя s и поверхности, связанной с приращением проекции базы (d_A-d) на ось Γ в параллактическом угле на отстоянии L_A точки **A** от базы.

Эта функциональная связь является основой равновесных измерений в пространстве и основой пространственной геометрии, использующей не измерение пространственных углов, а измерение проекций прямых линий, на которые опираются параллактические углы. Функциональная связь, заданная уравнениями (1 и 2) определяет коэффициент трансформации положения в пространстве любой наблюдаемой точки на плоскости $\Gamma O Y$ и определяется следующей зависимостью, например для точки **A**:

$$L_A = \frac{f \cdot d}{(d_A - d)} = \frac{f}{\left(\frac{d_A}{d} - 1\right)}, \text{ где } k_A = \frac{1}{\left(\frac{d_A}{d} - 1\right)} \quad (4)$$

$$\frac{L_A}{d/2} = \frac{f_A}{d_A/2}; \quad f_A = \frac{L_A d_A}{d}$$

Где k_A – коэффициент трансформации для всех точек, расположенных на отстоянии L_A от измерительной базы d на плоскости $\Gamma O Y$;

f_A – отстояние оси проектирования отображений Γ в первичном преобразователе.

На рис. 1В показан фрагмент проецирования точки **D** на плоскость измерений $\Gamma O Z$. Из данного фрагмента следует, что в проективной системе координат, отображение пространственных точек объекта, расположенных на плоскости $\Gamma O Y$ имеют только одну проекцию на оси Γ , а на оси Z отображаются только точки, расположенные в плоскости $Z O Y$.

Закон геометрического равновесия пространственного положения точки

Формализация процесса равновесия показана на рис.2, где выделены плоскостные прямоугольные поверхности пространства, обеспечивающие равновесие положения прямой **AB** относительно базы d измерительной системы, состоящей из двух первичных преобразователей **1** и **2**.

Для прямой **AB** лежащей в плоскости $\Gamma O Y$ (рис.2), направленной произвольно, коэффициент трансформации определяется как средняя оценка суммы проекций ее отстояний по осям Y и Γ . Для точки **A** выделены два прямоугольника, имеющие высоту L_A и проекции на оси Γ_{A1} и Γ_{A2} направленные в положительную и отрицательную стороны, площадь поверхности которых является весовой мерой положения точки **A**.

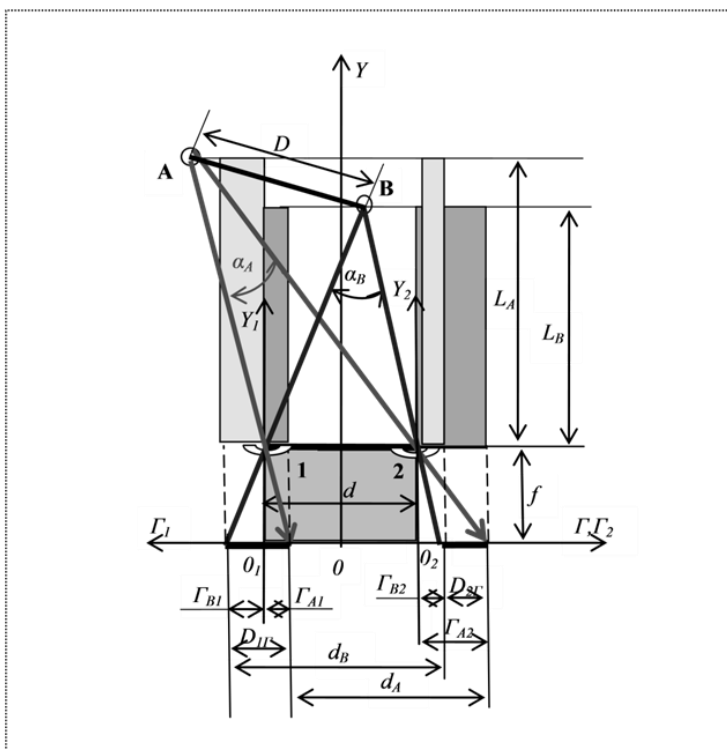


Рис.2. Модель равновесных измерений для точек, расположенных в плоскости парного измерителя

Для точки **B** выделены два прямоугольника, имеющие высоту L_B и проекции на оси Γ_{B1} и Γ_{B2} , направленные только в положительную стороны. Проекции прямой **AB** обозначены $D_{1\Gamma}$ и $D_{2\Gamma}$.

Оценку длины прямой **AB**, расположенной в плоскости парного измерителя, получают аддитивным суммированием проекций по осям

координат, которые характеризуют весовой коэффициент трансформации прямой **AB**:

$$\begin{aligned}
 L_{AB} &= \frac{(L_A + L_B)}{2} ; \quad \Gamma_{AB} \\
 &= \frac{(-\Gamma_{A1} + \Gamma_{A2} + \Gamma_{B1} + \Gamma_{B2})}{2} \\
 &= \frac{d_A + d_B}{2} = d_{AB} ; \\
 k_{AB} &= \frac{1}{\left(\frac{d_{AB}}{d} - 1\right)} ; \quad D_{\Gamma} = \frac{D_{1\Gamma} + D_{2\Gamma}}{2} ; \quad D \\
 &= k_{AB} D_{\Gamma} ; \quad f_{AB} = \frac{L_{AB} d_{AB}}{d} .
 \end{aligned}$$

Таким образом, задача измерения пространственного положения прямой линии, расположенной на плоскости ΓOY , решена геометрически точно и достоверно.

Равновесие измерений положения точки в пространстве определяется равенством площади поверхности парного измерителя и суммы произведений проекций пространственного положения точки в локальных системах парной проективной системы координат.

На плоскости ΓOY , показанные на рис.1 и.2, располагаются не все точки наблюдаемого объекта. Для любой точки, не лежащей на плоскости ΓOY , например **D**, необходимо провести другую плоскость $\Gamma_1 OY_1$, для которой будет получена оценка ее пространственного положения, но эта плоскость, проходящая через базу d будет наклонена к плоскости ΓOY . При этом проекции лучей на плоскости $\Gamma_1 OY_1$ сохраняют условие постоянства поверхностей, но при этом из-за наклона на угол φ построения на плоскости $\Gamma_1 OY_1$ отображаются на плоскость ΓOY в виде произведения функций тангенса и котангенса, сохраняя оценки площадей поверхностей неизменными.

Относительная погрешность оценки положения точки определяется из выражения:

$$\varepsilon_D = \varepsilon_{\Gamma p} + \varepsilon_M = \frac{\Delta}{f_{AB}} + \left(\frac{d_{AB}}{d} - 1\right).$$

Где $\varepsilon_{\Gamma p}$ - относительная погрешность отображения или относительная погрешность первичного преобразователя;

ε_H - относительная погрешность меры или нормирования меры;

Δ - разрешающая способность первичного преобразователя;

f_{AB} - отстояние оси проецирования в первичном преобразователе, характеризующее и угол наклона плоскости $\Gamma_1 OY_1$ к плоскости ΓOY .

Закон пространственного равновесия изменяет физическую сущность процесса измерений, так как отражает закон сохранения энергии. В этом случае результаты описываются на плоскостной поверхности и оцениваются по проекциям точки на общей измерительной оси от локальных осей координат, которые связаны прямой и обратной функциональными зависимостями, а не сравнением с эталоном, не обладающим постоянством[5]. Прямая функция определяет масштаб

преобразования положения точки, а обратная функция задает разрешающую способность измерения этого положения. Каждая из этих функций управляется своими устройствами, действующими во времени и пространстве. Относительная погрешность отображения $\varepsilon_{\Gamma p}$ зависит от разрешающей способности первичного преобразователя и реализуется во времени. Разрешающая способность оценивается относительной погрешностью нормирования ε_H , зависит от длины базы и числа делений, на которое можно ее разделить, определяя разрешающую способность фиксированным числом делений на ней, и реализуется в пространстве. Величины этих погрешностей могут обеспечить измерение размеров объекта, как при прямых измерениях.

Парность в навигационных измерениях

Использование парных измерений в навигации началось еще в 19 веке, их теория описаны в учебниках [7], получив название стереоскопических. Стереоскопические измерения выполняются методом центрального проецирования, и является разновидностью парной проективной системы координат. Их обработка до настоящего времени выполняется итерационными методами [3-4]. Процесс измерений включает в себя три этапа:

- построения образов в перспективном отображении,
- измерения линейных размеров образов,
- аналитическое преобразование линейных размеров образов в размеры объекта.

Такое деление процесса измерений на этапы в настоящее время не рассматривается. Каждый из этих этапов может обладать и не обладать достоверностью. В настоящее время достоверность контролируется только на последнем этапе. Рассмотрим каждый из этапов.

Построение образов пространственных объектов в стереоскопической системе координат выполняется в перспективном отображении по правилам проективной геометрии, которую общепринято считать не аналитической. При использовании моно систем координат, а к ним относятся все системы координат, центр которых связан с одним измерителем, сравнивать один полученный образ не с чем, поэтому неопределенность измерений является их неустранимым свойством. У биологических объектов имеется пара измерителей и используется стереоскопическая парная система координат, получаемые образы сравниваются, обеспечивая их равенство, при повороте базы. Общеизвестно, что при повороте базы d (рис.3), когда она параллельна измеряемой стороне объекта $B \parallel d$, выполняется равенство размеров образов стороны $D_A = D_B$ [3]. Образы всех сторон объекта получают на общей измерительной оси Γ , расположенными параллельно d .

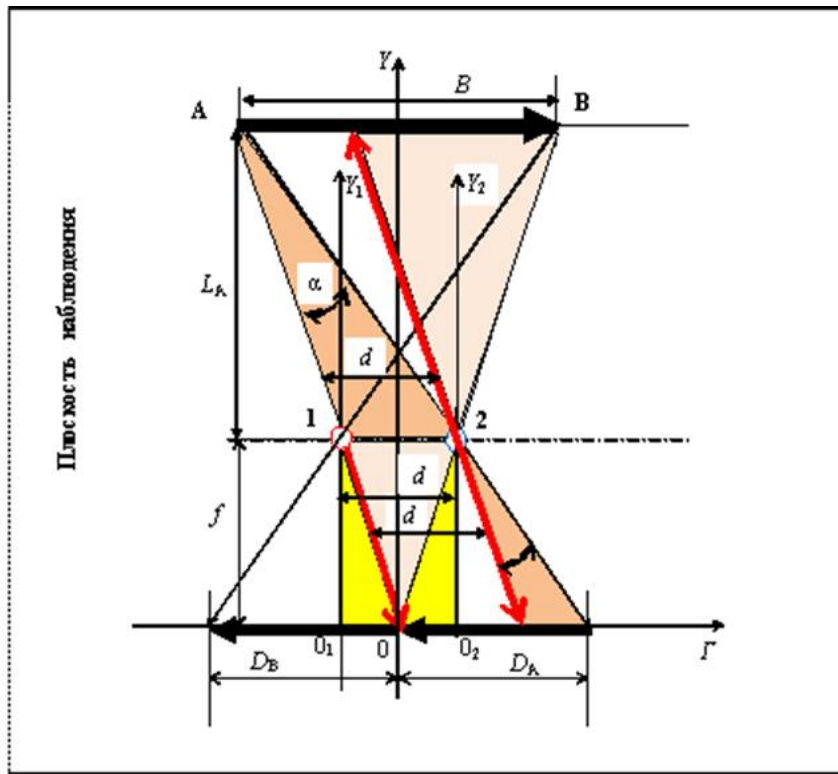


Рис.3. Модель масштабного преобразования размеров трансформируемого пространства по оси Y в парном измерителе

То есть, при равенстве проекций образов сторон объекта на ось Γ выполняются условия нахождения граничных точек стороны B на плоскости, проходящей через границы базы, что позволяет использовать правила плоскостной геометрии для оценки ее положения и других сторон образов. Правила плоскостной геометрии распространяются на проекции всех сторон объекта на ось Γ , что обеспечивает возможность аналитического описания всех сторон измеряемого объекта и контроля достоверности построения образов - оно осталось не замеченным. Отсутствие достоверности при выполнении первого этапа измерений приводит и к неопределенности последнего.

Коэффициент, связывающий отстояние каждой точки на прямой B от базы, пропорционален измерению проекции базы на ось Γ , проведенной через любую точку лежащую в той же плоскости, и оценивается их разностью, характеризуя преобразование всех точек на данном отстоянии, в том числе и для всех точек прямой B , и равен:

$$k_A = k_B = \frac{d}{D_A - d} = \frac{1}{(D_B/d) - 1} = \frac{d}{\Gamma_A} = \frac{f}{L_A} = M ;$$

$$L_A = f/k_A ; \quad B = D_{1\Gamma} \frac{L_B}{f} = D_{1\Gamma} k_B \quad . . ,$$

где $L_A=L_B$ - отстояние точек A и B на прямой от измерительной базы;

d - база парного измерителя;

D_A, D_B - проекция базы на ось Γ из точек A и B , соответственно;

$D_A - d = \Gamma_A$ - приращение проекции базы при ее проецировании на ось Γ из точки A .

В парной проективной системе координат измеряют трансформацию размеров базы на общей измерительной оси Γ из точек на объекте. Каждая точка на объекте имеет свой коэффициент трансформации при отображении на общей измерительной оси Γ , характеризующий разрешающую способность отображения линейного размера на отстоянии этой точки от оси наблюдения Y . Коэффициент трансформации базы парного измерителя учитывает оценку приращений измеряемой длины (параметра) на базе измерений, исключая влияние внешних и внутренних помех. Коэффициент трансформации базы парного измерителя характеризует коэффициент общей относительности, включающий коэффициенты относительности Галилея и Эйнштейна.

Равенство проекций сторон на общей измерительной оси Γ обеспечивает однозначность построения плоскости, проведенной через парный измеритель и любую точку на объекте, и является контролем достоверности построенных образов. В настоящее время этот процесс сравнения в технических средствах стереоскопических систем не используют, поэтому результаты измерений описываются только итерационными методами [5-7].

Второй этап - этап измерений линейных размеров образов основан на сравнении размеров образов с размерами базы, которую обычно нормируют эталоном, связанным со стабилизированным источником частот. Но нормировать в парных измерениях нужно не только базу, а и приращение ее проекции - Δd , вызванной лучами, проходящим через заданную точку на объекте, например B и границы базы d , а также

проекции всех сторон на ось G . Именно это приращение Δd определяет в коэффициенте относимости положения точки, относительное приращение ее положения «НА» сколько больше. Второй коэффициент в коэффициенте относимости ее положения определяет отношение $\Delta d/d$, задавая масштаб преобразования объекта в образ. При этом использование стабилизированных источников частот совсем не обязательно, так как одновременно измеряется как образ объекта, так и мера его измерений, что существенно упрощает все измерительные устройства.

Третий этап - этап аналитического преобразования линейных размеров образов в размеры объекта построен на геометрических зависимостях, каждое из которых может быть проконтролировано многократно, не менее 3 раз [8].

Таким образом, в настоящее время, отсутствие парности отображений при навигационных измерениях приводит к неопределенности оценки полученных результатов, существенному усложнению процесса вычислений, снижению возможностей управления разрешающей способностью измерений и невозможности текущего контроля достоверности в процессе измерений. Следовательно, парность измерительных средств при решении навигационных задач неукоснительное условие обеспечения их достоверности.

Выводы

Парность – основа построения объектов природы и их трансформации при отображении. Парность - основа достоверности процесса измерений, построенной на законе геометрического равновесия поверхностей, проекции которых отображаются на одной оси плоскости наблюдений парной проективной системы координат.

В парной проективной системе координат используются принципы парности, относительности и подобия геометрических построений образов, парные размеры которых сравнивают, обеспечивая достоверность измерений на основе принципа равновесного влияния прямой и обратной функций без использования эталонов (скорости распространения информации).

Парность измерителей и проективной системы координат обеспечивает возможность контроля достоверности построения образов объекта,

измерения пространственного положения объекта, размеров объекта и параметров его поля на основе плоскостных геометрических измерений, обеспечивая возможность их оценки без влияния помех и вариаций параметров окружающей среды. Использование парной проективной системы координат позволяет отдельно учитывать масштаб измерений, их относительную погрешность и разрешающую способность.

Обеспечение парности при выполнении навигационных измерений позволяет обеспечить однозначность, достоверность и точность процесса измерений, а значит достоверность физических обоснований изучаемых процессов и полученных научных результатов.

Литература.

1. Международный словарь по метрологии: основные и общие понятия и соответствующие термины: пер. с англ. и фр. Изд. 2-е, испр. - С-Пб.: НПО «Профессионал», 2010.- 82с.
2. Гузевич С.Н. Локационные измерения и их погрешности //Измерительная техника 2015 , №8, С.38-41.
3. Кошаев Д.А. определение курса по фазовым измерениям в условиях ограниченной видимости навигационных спутников на неподвижном основании. // Гироскопия и навигация 2013, №1. – С.64-78.
4. Елизаветин И. В., Шувалов Р. И., Буш В. А. Принципы и методы радиолокационной съемки для целей формирования цифровой модели местности // Геодезия и картография. – 2009. – № 1. – С. 39–45.
5. Дмитриев С.П. Многоканальная фильтрация и ее применение для исключения неоднозначности при позиционировании объектов с помощью GPS. (С.П. Дмитриев, Д.А. Кошаев, О.А. Степанов) // Изв. РАН Теория систем управления. – 1997, - №1. – С.65-70.
6. Гузевич С.Н. Патент №2655612 В01/06 Стереоскопический способ измерений отстояний и формы объектов. от 26.04.18г, Бюл.№16
7. Лобанов А.Н. Фотограмметрия. – М.: Недра, - 1984. - 552 с.
8. Гузевич С.Н. Описание модельных построений объектов в проективной системе координат. // Прикладная физика и математика 2016, №3. С.43-52