РИЖСКАЯ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЛАБОРАТОРИЯ
СУДЕБНЫХ ЭКСПЕРТИЗ ЮРИДИЧЕСКОЙ КОМИССИИ
ПРИ СОВЕТЕ МИНИСТРОВ ЛАТВИЙСКОЙ ССР

РИЖСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ГРАФИЧЕСКИЕ АЛГОРИТМЫ

И ВОЗМОЖНОСТИ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ПРОЦЕССЕ ИДЕНТИФИКАЦИОННЫХ КРИМИНАЛИСТИЧЕСКИХ ЭКСПЕРТИЗ

Под редакцией В. А. Соколова

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЗВАЙГЗНЕ»
РИГА 1965

Юранс, В. Ю.,
кандидат технических наук, доцент

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ТЕОРИИ ИДЕНТИФИКАЦИИ ОБЪЕКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АППАРАТА ПРОЕКТИВНОЙ ГЕОМЕТРИИ

В наш век фотография прочно входит в различные области техники, искусства и науки, в области, где возникает необходимость запечатлеть мгновенное действие, форму объекта и по фотографическим изображениям определить его метрические свойства и т. д.

Ценность и значение фотографических снимков особенно возрастают в тех случаях, когда запечатленный на них объект больше не существует или же подвергается таким внешним изменениям, которые исключают возможность сравнительного визуального исследования.

Оригинальный и, на наш взгляд, перспективный метод графического исследования признаков внешности человека по фотоизображениям экспериментальным путем разрабатывается нештатным экспертом Рижской научно-исследовательской лаборатории судебных экспертиз Р. Э. Эльбуром [1] и [2].

Предложенный им метод графического исследования нескольких фотоснимков с целью установления, одно или разные лица запечатлены на них, до настоящего времени теоретически обоснован не был.

Однако экспериментальная проверка метода убеждает в том, что путь решения практической задачи криминалистической идентификации личности по чертам внешности, запечатленным на фотоснимках, выбран правильно, а теоретическая разработка основ этого метода не только позволит в самое ближайшее время полностью алгоритмизировать процесс решения этого класса задач (что равнозначно его машинизации), но и значительно расширит область применения графических методов исследования за счет других видов идентификационных криминалистических экспертиз.

Трудно переоценить значение графических методов исследования и решения практических задач из различных областей механики и теории машин и механизмов, где они заняли прочное место, как наиболее наглядные, простые в применении и дающие достаточную для практических целей точность решения.

Перенесение же графических методов в область исследования объектов, запечатленных на фотографических снимках, что наиболее часто встречается при производстве судебных экспертиз, позволит достичь не только простоты и объективности, но и наглядности конечного результата этих исследований.

Так как разговор в дальнейшем у нас пойдет о графическом анализе фотографических снимков, остановимся вкратце на проективных свойствах фотографии вообще.

Особое свойство фотографии заключается в том, что она дает геометрически точное изображение объектов по принципу теории линейной перспективы. Вообще говоря, два различных фотоснимка какого-либо объекта являются центральными проекциями на различные плоскости из различных центров проектирования.

Анализ подобных центральных изображений до настоящего времени представляет затруднения, вытекающие из неопределенности монопроекций, так как для анализа всегда необходимы два проекционно связанных изображения объекта.

В специальной литературе в настоящее время не изложены специфические особенности идентификации тех или иных объектов по их фотоизображениям на основе теории проективной геометрии. Этот вопрос заслуживает внимания и более тщательного изучения, так как он имеет большое теоретическое и практическое значение не только для криминалистических, но и иных исследований. В тезисах доклада доктора технических наук профессора Л. Н. Лихачева [15] «Основные задачи киноперспективного анализа конгруэнтных пространств и вопросы их приложения» сказано: «В ряде случаев (напр., в области фотометодов криминалистики) возникает весьма актуальная задача, требующая по двум или ряду сходных перспективных изображений доказать конгруэнтность точечных систем в пространстве», что, выражаясь другими словами, означает: надо доказать, что данные два фотоизображения являются изображением одного и того же или разных объектов. «Эта задача подлежит анализу и требует установления необходимых и достаточных условий для утверждения конгруэнтности пространства» [15].

Так как в основе фотографирования лежит принцип центрального проектирования, то при идентификации объекта по

его фотоизображениям необходимо знать неизменные свойства (инварианты) константных точек, которые не изменяются при таком проектировании, т. е. на всех фотоизображениях остаются константными и не зависят от положения центра проектирования относительно фотографируемого объекта и величины изображения.

Целью настоящей работы является исследование графических методов идентификации плоских и пространственных объектов (личности) по их фотоизображениям при помощи аппарата проективной геометрии и теоретическое обоснование разработанного экспериментальным путем графического алгоритма идентификации объектов (личности) по их фотоизображениям, по образцам почерка и т. д.

Инвариант центрального проектирования

Инвариантом центрального проектирования (фотографирования) является сложное отношение четырех элементов ряда точек (пучка прямых).

Дан ряд точек A, B, C и D на прямой s (где s — носитель ряда точек), и центральным проектированием из центра S получаем центральные проекции A′, B′, C′ и D′ данных точек на прямой s′ (рис. 1).

Сложное отношение четырех данных точек при таком проектировании не изменяется, т. е.

$$\frac{AB}{BD}:\frac{AC}{CD}=\frac{A'B'}{B'D'}:\frac{A'C'}{C'D'}\,. \qquad (1)$$

Прямые a, b, c и d пучка S (центр пучка) образуют углы (ab), (bd), (ac) и (cd), и сложное отношение можно выразить через отношение синусов этих углов:

$$\frac{AB}{BD}:\frac{AC}{CD}=\frac{\sin(ab)}{\sin(bd)}:\frac{\sin(ac)}{\sin(cd)}\,. \qquad (2)$$

Это значит, что сложное отношение четырех точек прямолинейного ряда точек равно сложному отношению четырех соответствующих прямых перспективного пучка [3] и [4].

Рассмотрим способы, как использовать сложное отношение четырех элементов ряда точек (пучка прямых) для идентификации объектов по их фотоизображениям.

Идентификация плоских объектов

1. Даны два фотоизображения константных точек одной плоской фигуры — A, B, C, D, E (рис. 2) и A′, B′, C′, D′, E′ (рис. 3).

Примем на фотоизображении (рис. 2) точку B за центр пучка и проведем соответствующие прямые пучка a, c, d и e через точки A, C, D и E. Пересекая пучок произвольной прямой b, получаем четыре точки A_0, E_0, D_0 и C_0. Затем на втором фотоизображении (рис. 3) за центр пучка примем точку B′, соответствующую точке B на первом изображении, и проведем

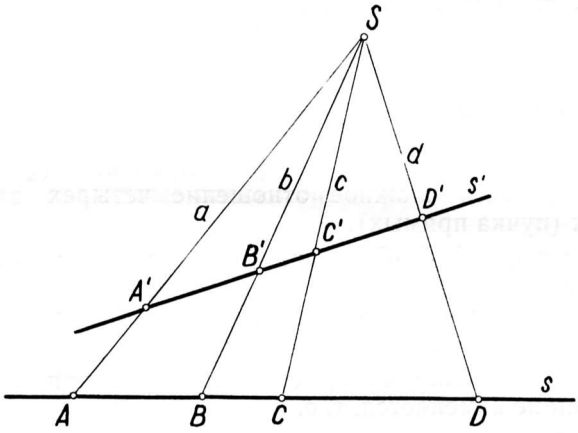


Рис. 1.

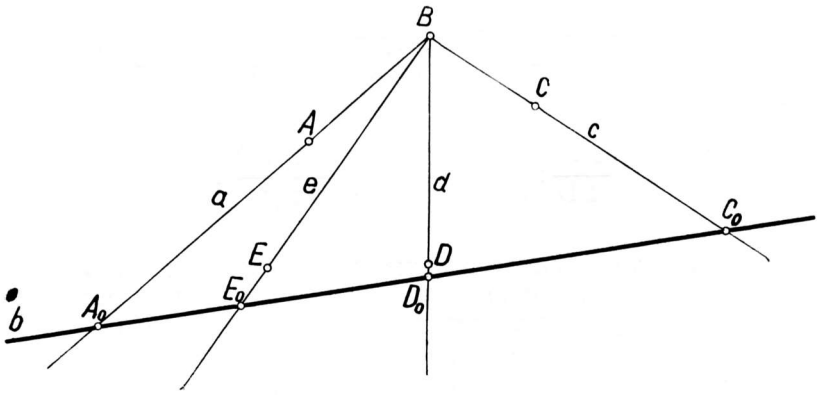


Рис. 2.

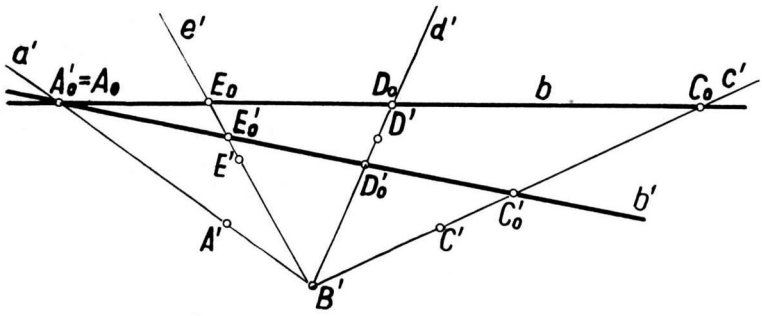


Рис. 3.

прямые a′, c′, d′ и e′ пучка B′. Пересекаем этот пучок произвольной прямой b′ и получаем ряд четырех точек A_0', E_0', D_0' и C_0'.

Если сложное отношение четырех точек A_0, E_0, D_0, C_0 прямолинейного ряда b точек A_0', E_0', D_0', C_0' прямолинейного ряда b′ одинаковы (оба ряда точек являются проективными),

$$b(A_0,\ E_0,\ D_0,\ C_0)\ \overline{\wedge}\ b'\ (A_0',\ E_0',\ D_0',\ C_0'):$$

$$: \frac{A_0E_0}{E_0C_0} : \frac{A_0D_0}{C_0D_0} = \frac{A_0'E_0'}{E_0'C_0'} : \frac{A_0'D_0'}{D_0'C_0'} . \qquad (3)$$

это значит, что оба данных фотоизображения являются снимками одного объекта; если же сложные отношения неодинаковы (ряды точек b и b′ не являются проективными), то данные изображения являются снимками с разных объектов.

О проективности двух рядов точек b и b′ можно судить, во-первых, по численным значениям сложного отношения четырех точек обоих рядов, и, во-вторых, потому, что есть возможность графическим путем привести их в перспективное соответствие. Если определяем численное значение сложных отношений четырех точек ряда b и b′ по отношению (3), то видим, что они одинаковы для обоих рядов точек:

$$\frac{A_0E_0}{E_0C_0} : \frac{A_0D_0}{C_0D_0} = \frac{A_0'E_0'}{E_0'C_0'} : \frac{A_0'D_0'}{D_0'C_0'}$$

$$\frac{2.9}{9.5} : \frac{6.5}{5.9} = \frac{3.5}{3.8} : \frac{6.3}{2.9} = 0.278,$$

и это значит, что данные фотоизображения являются снимками одного и того же объекта. Далее, выясним, можно ли

ряды точек b и b′ графическим путем привести в перспективное соответствие. Для этого прямую b пучка B расположим на пучке B′ так, чтобы точки этой прямой лежали на соответствующих прямых пучка a′, e′, d′ и c′. Если это возможно, значит оба фотоизображения получены с одного объекта. Если же прямую b нельзя наложить так, чтобы ее точки A_0, E_0, D_0, C_0 находились на соответствующих прямых пучка, то фотоизображения сделаны с различных объектов.

Способ приведения рядов точек в перспективное соответствие имеет преимущество перед способом вычисления сложных отношений четырех точек рядов точек b и b′ потому, что не требует никакого измерения изображения и вычисления сложного отношения четырех точек, и поэтому впредь будем применять только приведение двух рядов точек в перспективное соответствие.

2. На рис. 4 показан другой способ приведения двух рядов точек b и b′ в перспективное соответствие. Ряды точек b и b′ расположены произвольно относительно друг друга так, чтобы точки A_0 и A_0' совпали ($A_0 \equiv A_0'$). Если прямые, соединяющие соответствующие точки, проходят через одну точку S, то оба ряда точек проективны и оба изображения получены с одного объекта.

3. Для того чтобы установить, являются ли данные изображения на рис. 2 и 3 изображениями одного или разных объектов, можно поступить и следующим образом.

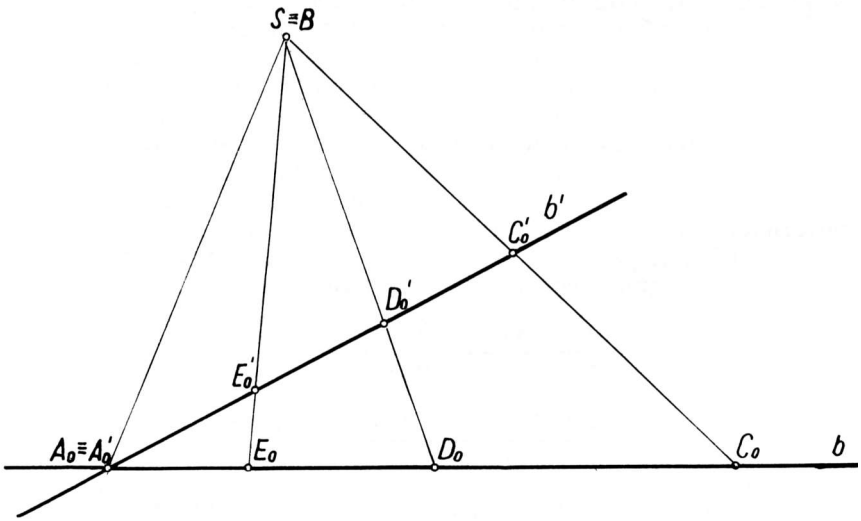


Рис. 4.

Расположенные на изображениях пучки лучей B и B′ разместим так, чтобы луч a пучка B совпал с соответствующим лучом a пучка B′ (рис. 5). Если оба изображения получены с одного объекта, то оба пучка лучей проективны и можно их привести в перспективное соответствие, а их соответствующие лучи a и a', e и e', d и d', c и c' пересекаются на одной прямой в точках A_0, E_0, D_0 и C_0; если же изображения получены не с одного объекта, то соответственные лучи пучков не будут пересекаться на одной прямой.

Для исключения неопределенности в тех случаях, когда построенные пучки лучей на изображениях двух различных плоских объектов все-таки оказываются проективными (с одинаковыми сложными отношениями), надо еще выбрать на изображениях другую пару соответствующих пучков, например A и A′, и проверить, проективны ли они. В случае различных объектов вторая пара пучков лучей не будет проективна, а при одном объекте обе пары лучей будут проективны.

4. Далее рассмотрим анализ двух фотоизображений объекта без построения пучков лучей на изображениях.

Например, даны три фотоизображения одной плоской фигуры (рис. 6, *а*, *б*, *в*). Требуется определить: являются ли они изображениями одного или нескольких объектов. Для этой цели построим на каждом изображении ряды точек следующим образом. Примем любые две точки на фотоизображении за базовые точки, например точки A и B и через изображения A′ и B′, A″ и B″, A‴ и B‴, базовых точек A и B данного объекта проводим базовые прямые d′, d″ и d‴. Затем (рис. 6, *а*)

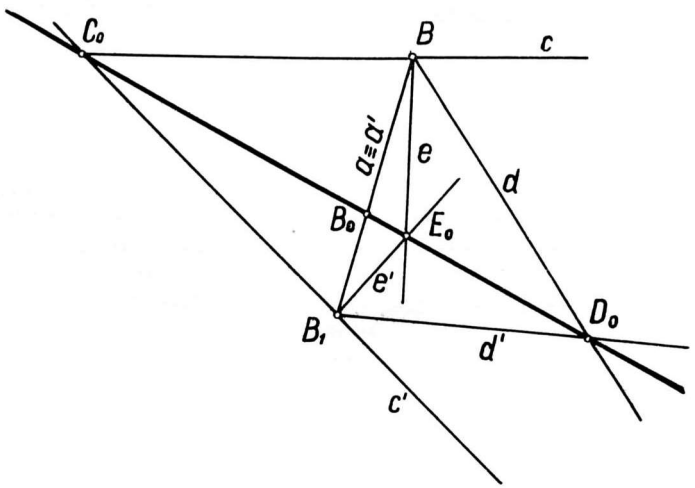


Рис. 5

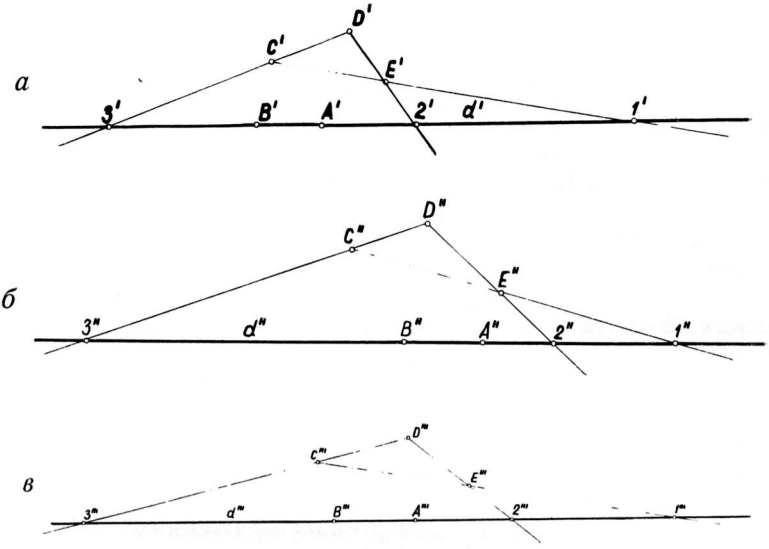


Рис. 6.

через изображения точек C′ и E′, D′ и E′, D′ и C′ проводим прямые, пересекающие базовую прямую d′ в точках 1′, 2′ и 3′. Так получаем ряд точек d′ (1′, 2′, A′, B′, 3′). Затем на рис. 6, *б* и 6, *в* проводим прямые, соответствующие прямым на рис. 6, *а* и получаем два ряда точек d″ (1″, 2″, A″, B″, 3″) и d‴ (1‴, 2‴, A‴, B‴, 3‴). Если все три ряда точек d′, d″ и d‴ будут проективными, то все три фотоизображения являются снимками одного объекта; если они не будут проективными, то значит фотоизображения принадлежат трем разным объектам.

Выясним, являются ли эти три ряда точек проективными или нет. С этой целью откладываем ряды точек d″ и d‴ под любым углом так, чтобы точки 3″ и 3‴ совпали (рис. 7). Проводим лучи 1″, 1‴, 2″, 2‴, A″, A‴, B″, B‴, и если они пересекаются в одной точке D, значит ряды точек d″ и d‴ проективны (т. е. сложенные отношения четырех точек и, следовательно, оба изображения получены с одного объекта). Далее, берем ряд точек d′, и если можем его точки расположить на соответствующих прямых пучка D, то это значит, что все три ряда точек проективны:

$$d'\ (1', 2', A', B', 3') \overline{\wedge} d''(1'', 2'', A'', B'', 3'') \text{ и}$$

$$d'(1', 2', A', B', 3') \overline{\wedge} d'''(1''', 2''', A''', B''', 3'''),$$

а это значит, что все 3 фотоснимка получены с одного объекта.

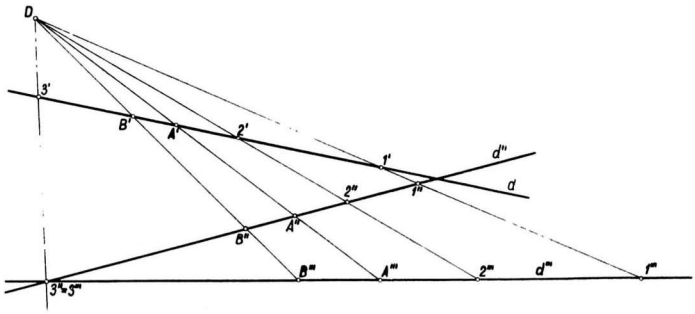


Рис. 7.

5. Следует отметить, что между плоскостью Q и ее центральным изображением Q_1 в плоскости P_1 с центром проекции S^1 существует гомологическая связь. Между плоскостью Q и ее центральным изображением Q_2 в плоскости проекции P_2 с центром проекции S^2, также существует гомологическая связь. Тогда между центральными проекциями плоскости Q_1 и Q_2 также существует гомологическая связь, которая включает сложное отношение четырех прямых пучка.

Если даны два фотоизображения одной плоскости, то оба изображения можно привести к гомологической связи, что невозможно в соотношении изображений разных объектов. Однако подобное сравнение изображений непрактично, ибо центр гомологии получается очень далеким.

Из сказанного следует, что идентификация плоских объектов проводится при помощи проективных и перспективных рядов точек и пучков прямых на их фотоизображениях.

Используя рассмотренные графические алгоритмы во всех случаях, можно осуществлять процесс идентификации плоских объектов по их фотоизображениям.

Идентификация пространственных объектов

1. Сначала рассмотрим такие пространственные объекты, у которых толщина (глубина) мала и не превышает 14 *мм*. Например, пространственный объект (характерные ориентиры на лице человека), максимальная глубина которого $l = 14$ *мм* и размеры в остальных двух направлениях около 100 *мм*; если при этом объект изображен фронтально, то при определенном отдалении центра проектирования S его практически можно представить плоским объектом, и это нисколько

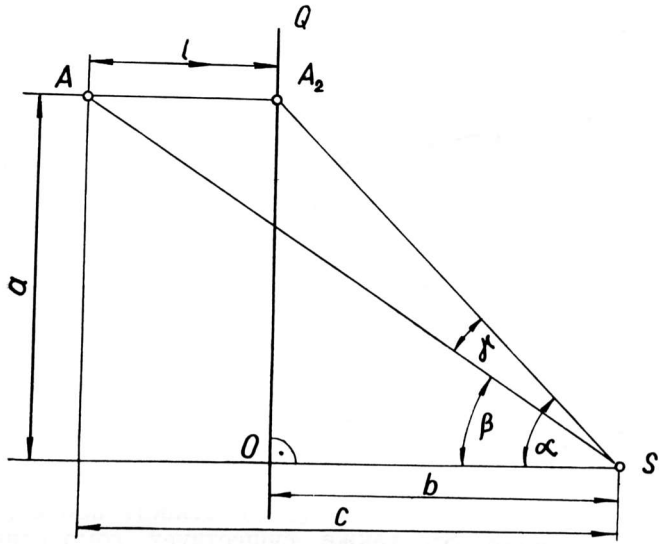


Рис. 8.

не повлияет на точность графических построений и конечного результата.

Предположим, что через ближайшую точку к плоскости проекции проведена фронтальная плоскость Q и центр проектирования находится в 2 *м* от нее, от плоскости Q и от главного луча OS самой удаленной точки A, расстояния соответственно равны $l=14$ *мм* и $a=50$ *мм*. A_2 является ортогональной проекцией точки A на плоскости Q (рис. 8). Точка A и ее проекция A_2 будут видны под углом γ. Если угол γ не больше одной минуты ($\gamma=0^0{,}01$; $\operatorname{tg}\gamma=0{,}00026$), то глаз зрителя не способен воспринимать точки A и A_2 как самостоятельные, а воспринимает как одну [5].

По рис. 8 определяем угол γ:

$$\gamma=\alpha-\beta, \text{ где}$$

$$\operatorname{tg}\alpha=\frac{a}{b}\cdot\operatorname{tg}\beta=\frac{a}{c}.$$

Определяем $\operatorname{tg}\gamma$ по формуле:

$$\operatorname{tg}\gamma=\operatorname{tg}(\alpha-\beta)=\frac{\operatorname{tg}\alpha-\operatorname{tg}\beta}{1+\operatorname{tg}\alpha\operatorname{tg}\beta}=\frac{\frac{a}{b}-\frac{a}{c}}{1+\frac{a}{b}\cdot\frac{a}{c}}=\frac{a(c-b)}{bc-a^2}.$$

При $a=50$ *мм*, $c=2014$ *мм*, $b=2000$ *мм*, получаем, что

$$\operatorname{tg}\gamma=\frac{a(c-b)}{bc-a^2}=\frac{50\cdot 14}{2000\cdot 2014-50^2}=0{,}00017.$$

Так как $\operatorname{tg}\gamma < 0{,}00026$, то точки A и A_2 воспринимаются нашим глазом как одна точка.

При $\operatorname{tg}\gamma=0{,}00026$ ($\gamma=0^0{,}01'$) минимальное расстояние глаза зрителя от объекта по расчету равно 1,63 *м*.

Допустим, что рассматриваем объект с расстояния $b = 2$ *м*. и позволяем плоскости Q повернуться на некоторый угол, чтобы видеть точки A и A_2 под углом $\gamma = 0^0{,}01'$ (т. е. $\operatorname{tg}\gamma = 0{,}00026$), тогда плоскость Q может отклониться от фронтального положения на 0—10 градусов.

Если же этот объект рассматривать на большем расстоянии, то плоскость Q может отклоняться больше. Указанное положение позволяет заменять рассмотренную систему константных точек фронтальной плоскостью, которая может немного отклониться от фронтального положения. По изложенной выше тео-

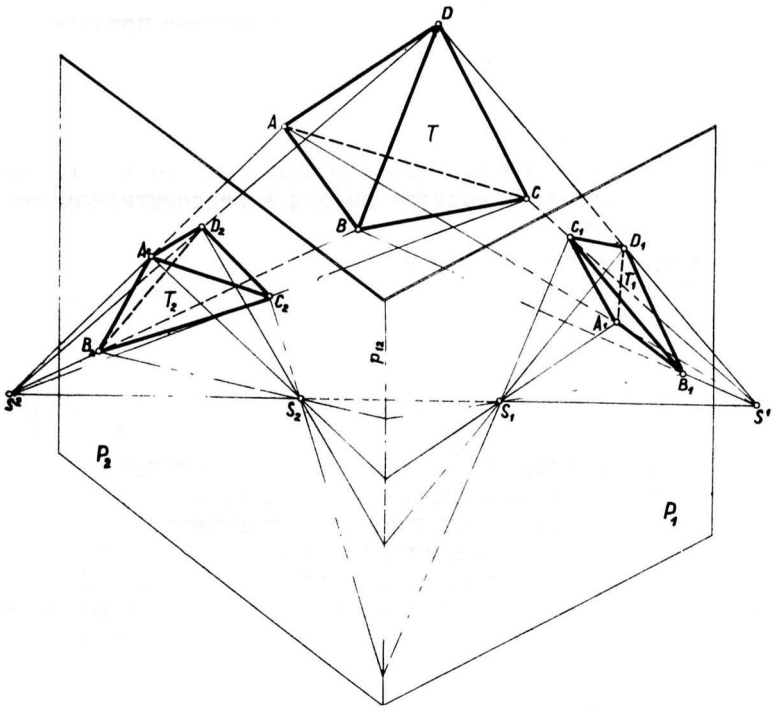


Рис. 9.

рии можно производить идентификацию объектов (лица, человека), расположенных как фронтально, так и при их небольших отклонениях.

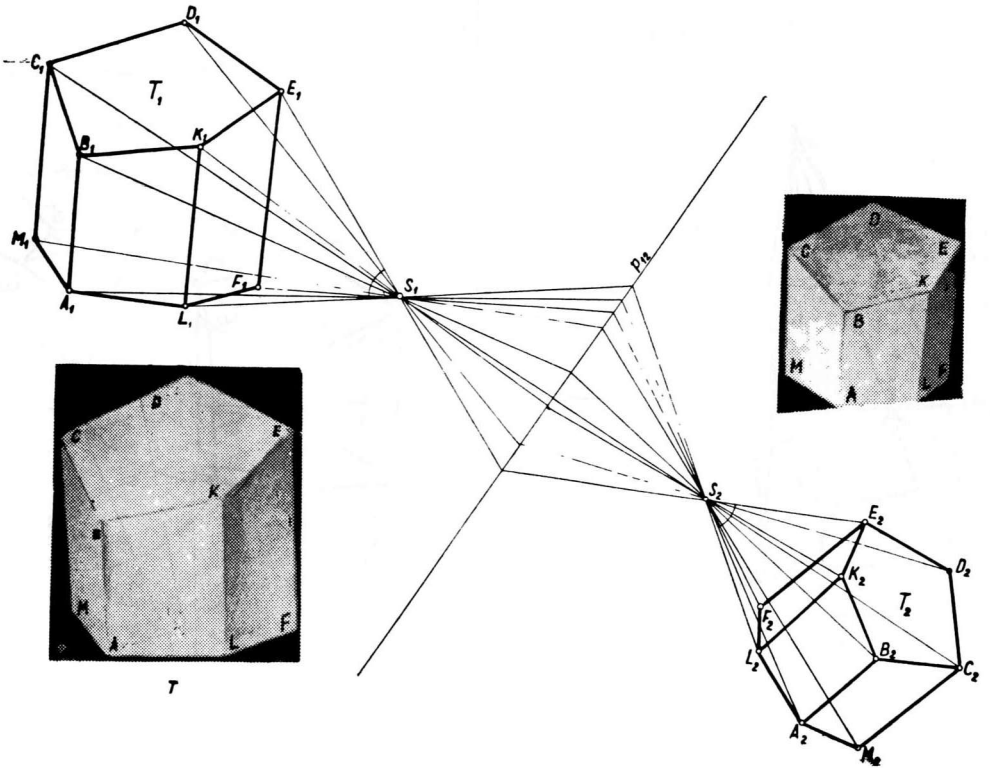
7. Между центральными изображениями T_1 и T_2 объемного объекта T на двух плоскостях P_1 и P_2, которые получены из различных центров проектирования S^1 и S^2, существует перспективное соответствие (рис. 9). Через точки обоих изображений проходят пучки прямых, носителями которых являются точки пересечения S_1 и S_2 прямой S^1S^2, идущей через центры проектирования, с плоскостями проекций [7—11]. Пучки прямых, идущие через проекции одноименных точек, пересекаются на прямой p_{12} — линии пересечения плоскостей проекции (оси перспективности), поэтому оба пучка прямых находятся в перспективном соответствии (у обоих пучков прямых сложное отношение четырех элементов одинаково). Это позволяет осуществлять идентификацию объемных объектов по их фотоизображениям.

Из сказанного следует, что между фотоизображениями как пространственного, так и плоского объекта существуют одни и те же геометрические зависимости — перспективное и проективное соответствие рядов точек и пунктов прямых.

Для анализа двух изображений какого-либо объекта можно пользоваться двумя способами: либо построить пучки прямых для данных изображений и выяснить, можно ли их привести в перспективное соответствие, либо ориентировать одно изображение относительно другого так, чтобы была возможность выяснить, находятся ли они в перспективном соответствии или нет.

На рис. 10 показано, что можно ориентировать два изображения T_1 и T_2 одного объекта так, чтобы оба пучка прямых были перспективными и конгруэнтными. Здесь оба изображения ориентированы различно. Если перевернутое изображение T_2 вместе с пучком прямых повернем обратно, то пучки прямых обоих изображений можно совместить один с другим (соответственные прямые обоих пучков совпадают) (рис. 11).

8. Далее рассмотрим разработанный экспериментальным путем в Рижской научно-исследовательской лаборатории Судебных экспертиз графический алгоритм идентификации объектов по их фотоизображениям. В основе этого алгоритма лежит уже ранее рассмотренная нами теория идентификации объектов с использованием сложного отношения четырех элементов ряда точек (пучка прямых), перспективное и проективное соответствие рядов точек и пучков прямых. Как показали эксперименты, указанный алгоритм можно применять при идентификации как пространственных, так и плоских объектов



Puc. 10.

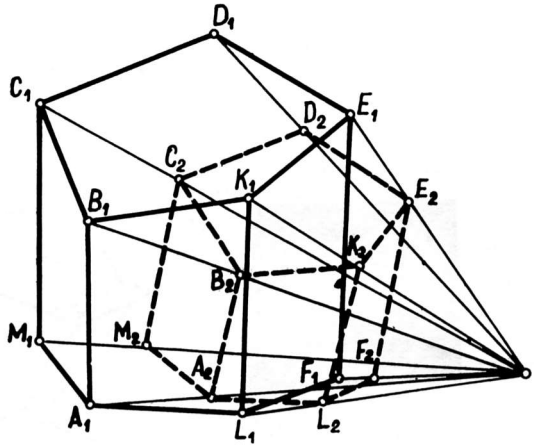

D1
C1
D2
E1
C2
K1
B1
E2
K2
B2
M1
M2
A2
F1
F2
A1
L1
L2

Рис. 11.

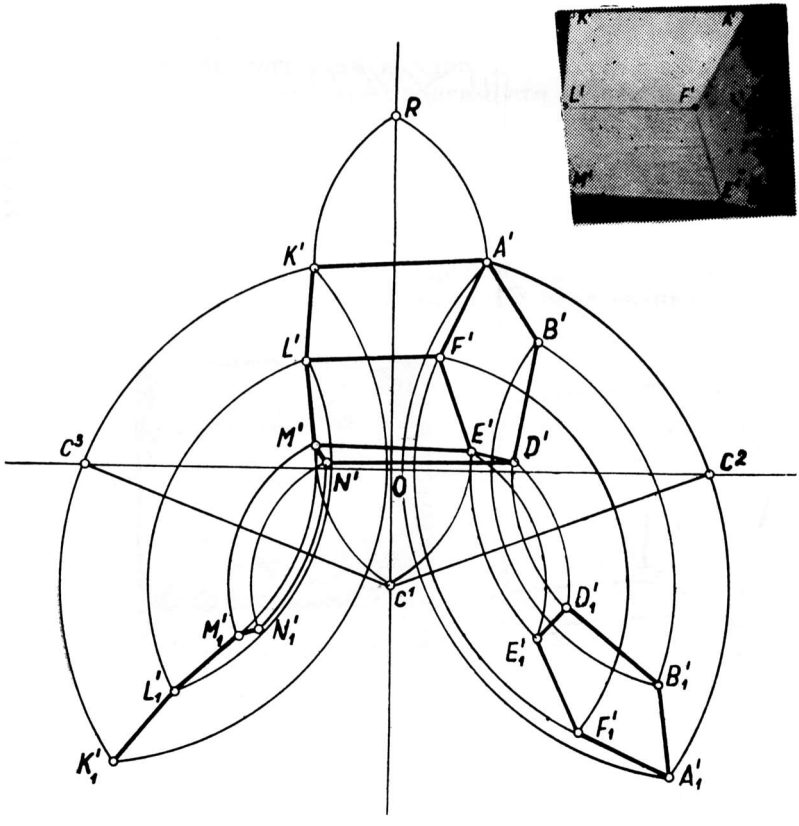

R
K'
A'
L'
F'
B'
M'
E'
D'
C3
C2
N'
O
C1
M1'
N1'
L1'
K1'
D1'
E1'
B1'
F1'
A1'

Рис. 12.

по их фотоизображениям, полученным из разных центров проектирования по отношению к изображенному объекту.

Сущность данного алгоритма рассмотрим при анализе двух фотоизображений на рис. 12 и 13*, причем известно, что они являются изображениями одного объекта.

Строим в одном из изображений ось координат (рис. 12). Из точек A' и K' проводим дуги радиусом $A'K'$ и получаем точку их пересечения R, затем из точек E' и M' проводим дуги радиусом $E'M'$ и получаем точку их пересечения C^1. Через точки R и C^1 проводим ось y; на оси y, из точки C^1, откладываем отрезок $C^1O = {}^1/_4\, C^1R$ и получаем точку O, через которую проводим ось x, перпендикулярную оси y. Из точки C^1 проводим дугу радиусом C^1A^1 до пересечения с осью и получаем точку C^2.

Точку C^3 получаем как точку пересечения дуги C^1K^1 с осью x. Точки C^1 и C^2 принимаем за центры вращения для точек, расположенных между осями x и y, а точки C^1 и C^3 принимаем за центры вращения для точек, расположенных между

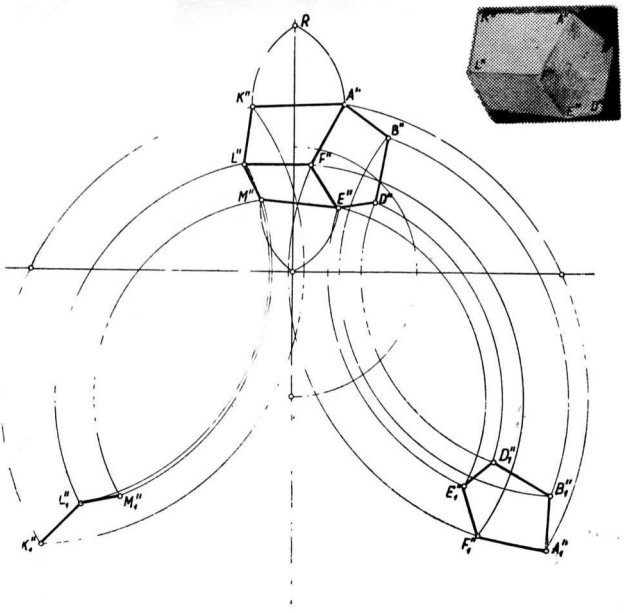


Рис. 13.

* Рисунки с № 12 по № 21 заимствованы из экспериментальных материалов РНИЛСЭ Совета Министров ЛатвССР.

осями — x и y. Поворачиваем константную точку, например изображение точки A' вокруг центра C^1 и вторично поворачиваем вокруг центра C^2; в пересечении дуг получим новое положение изображения точки A_1' по отношению к осям координат.

В таком случае полученное изображение точки A_1' симметрично данному изображению A' по отношению к оси симметрии C^1C^2. Отрезки $A'A_0$ и $A_1'A_0$ равны ($A'A_0 = A_1'A_0$) и перпендикулярны оси симметрии ($A'A_0 \perp C^1C^2 \perp A_1'A_0$). Таким путем получим симметричное изображение $A_1'B_1'D_1'E_1'F_1'$ данному изображению $A'B'D'E'F'$ относительно оси симметрии C^1C^2. Точно так же во втором фотоизображении (рис. 13),

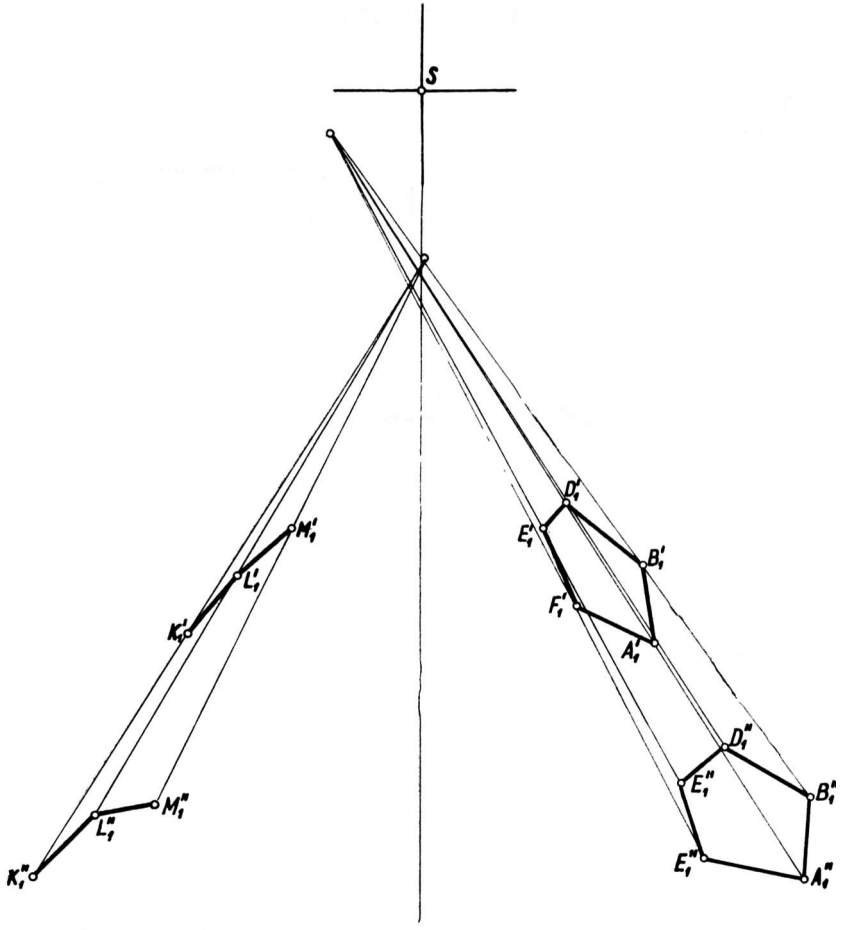


Рис. 14.

аналогично предыдущему построению, проводим ось координат и строим симметричное изображение.

Затем поворачиваем ось координат вместе с построенными симметричными изображениями так, чтобы они совпали (рис. 14). Отсюда видим, что изображения $A_1'B_1'D_1'E_1'F_1'$, A_1'', B_1'', D_1'', E_1'', симметричные с данными изображениями одного объекта, расположены так, что приведены в перспективное соответствие. Об этом свидетельствует и то, что лучи,

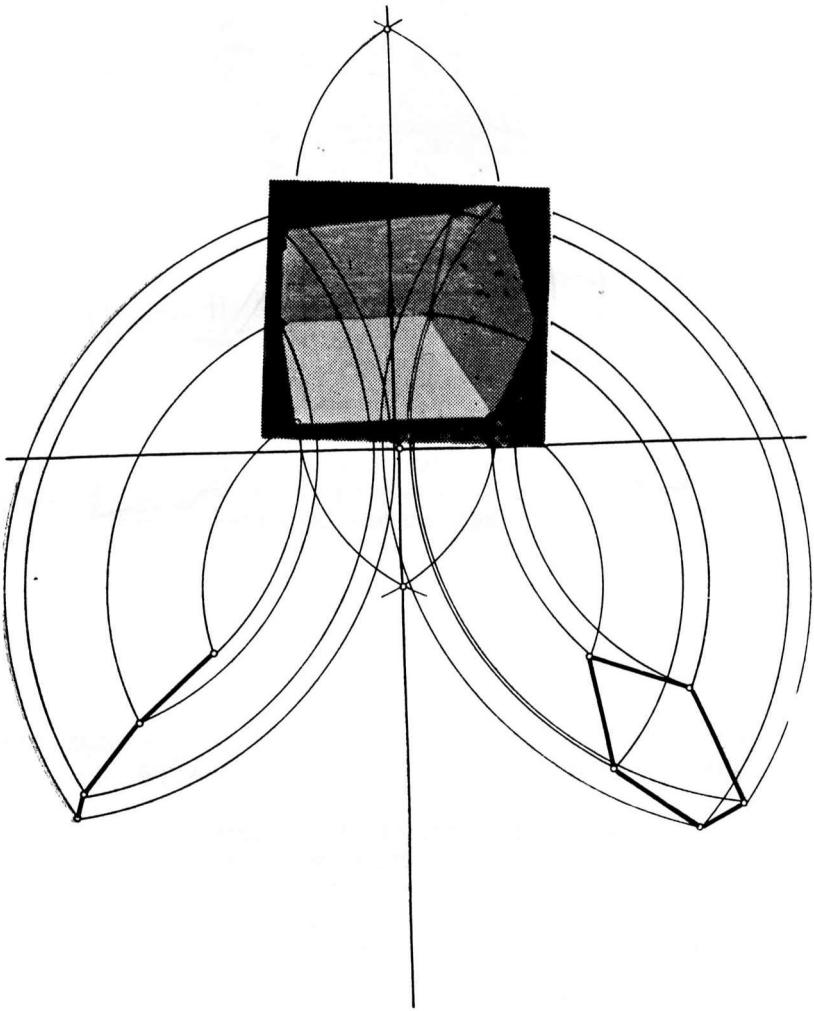


Рис. 15.

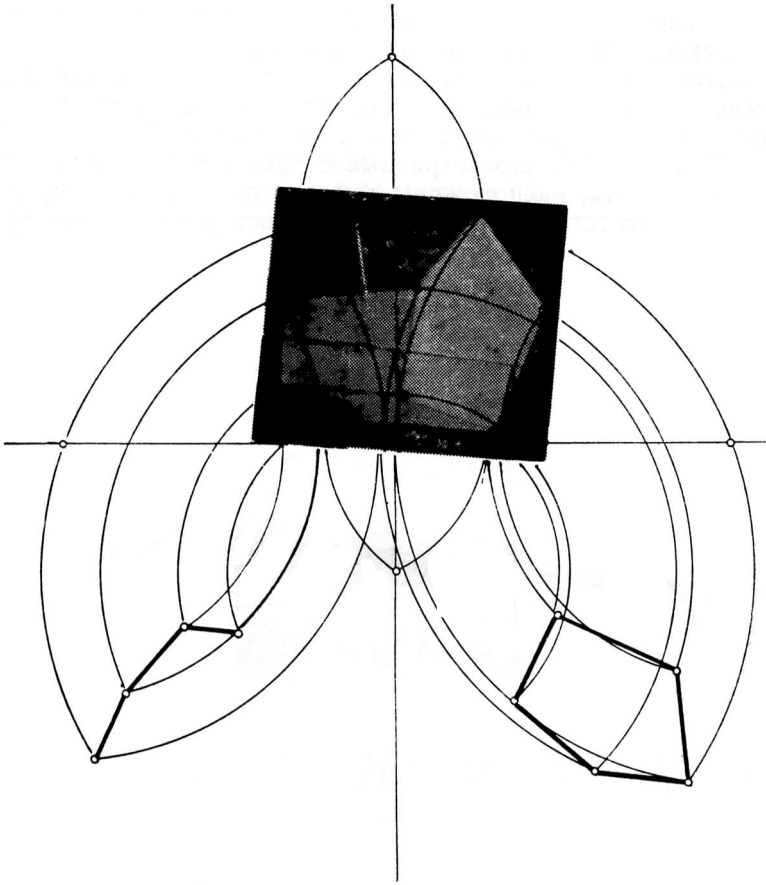


Рис. 16.

проведенные через одноименные точки симметричных изображений, пересекаются в одной точке, образуя пучок лучей.

Если даны фотоизображения двух разных объектов (рис. 15—17), то при совмещении систем осей координат симметричные изображения не находятся в перспективном соответствии, потому что лучи, проходящие через одноименные точки графических характеристик исследуемых признаков, не пересекаются в одной точке, не образуют пучка лучей, и мы получаем значительно бóльший разброс точек взаимного пересечения лучей.

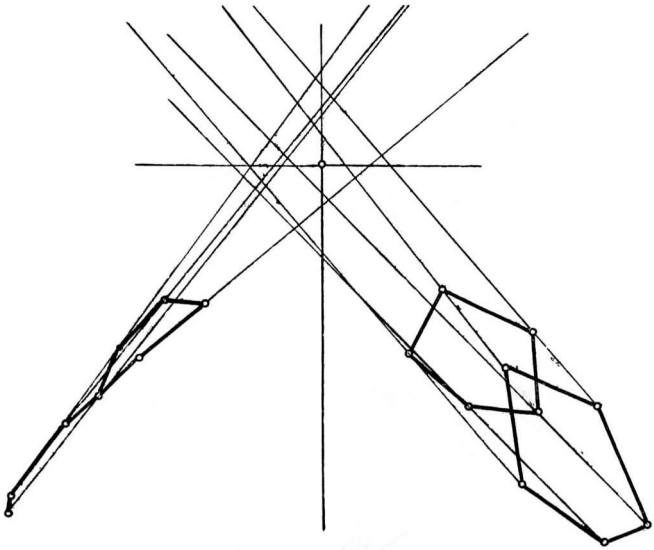


Рис. 17.

В случае, если даны подобные изображения какого-либо объекта, то при одинаковой ориентации обоих симметричных изображений получим гомотетию, потому что лучи, идущие через одноименные точки изображений, пересекаются в одной точке, и соответствующие отрезки прямых, соединяющие константные точки симметричных изображений, расположены параллельно между собой. Это также указывает на правильность графического построения, с помощью которого симметричные изображения приведены в перспективное соответствие. Из вышесказанного следует теоретическое обоснование разработанного экспериментальным путем графического идентификационного алгоритма.

Следует отметить, что информацию о свойствах и признаках объекта, запечатленного на фотоснимке, можно преобразовать в виде прямых или ломаных линий с помощью плоских геометрических конструкций. Конструкции могут быть различными, но они в любом случае дадут один и тот же результат.

Рассмотренный графический метод проверен на практике в Рижской научно-исследовательской криминалистической лаборатории Юридической комиссии при Совете Министров Латвийской ССР и дал хорошие результаты; некоторые из них приведены в «Приложении».

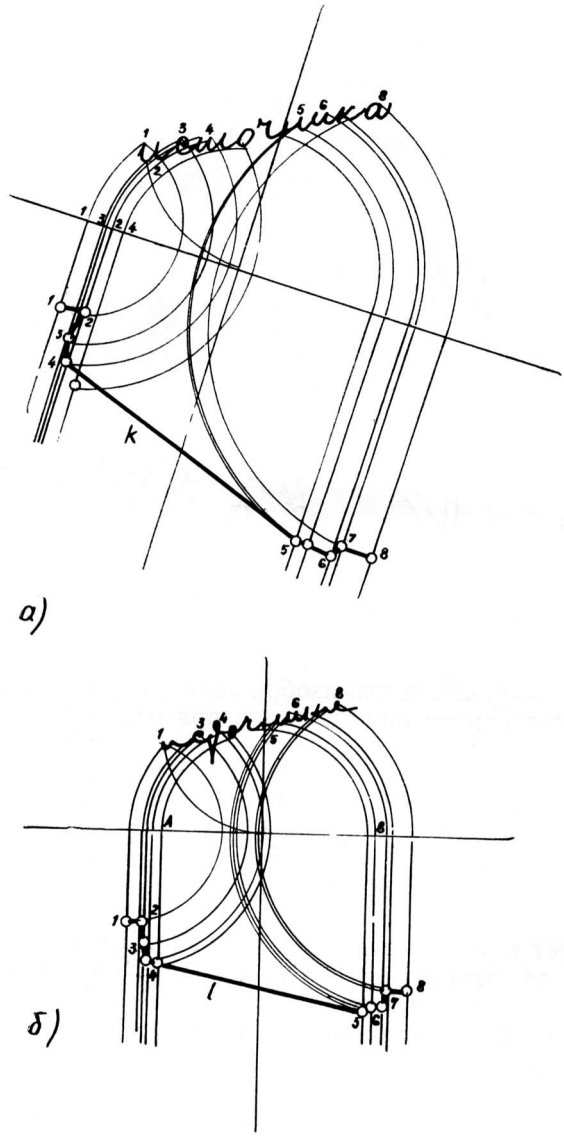


Рис. 18.

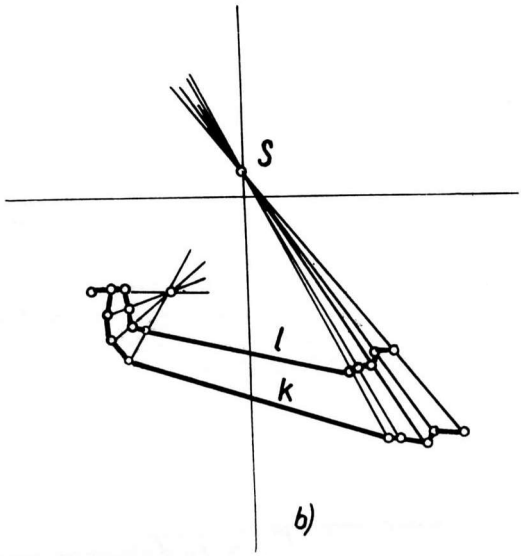


Рис. 19.

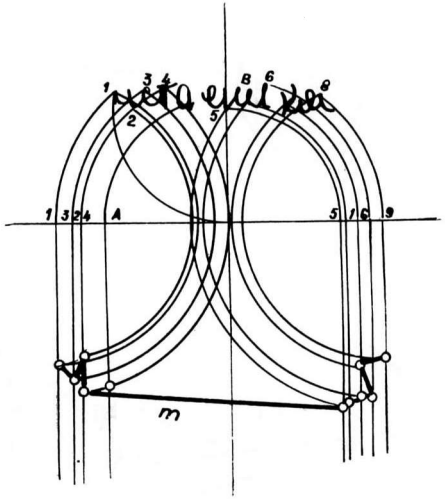


Рис. 20.

Эксперименты показывают, что во всех случаях анализа двух фотоизображений различных объектов рассеивание лучей достаточно велико, чтобы судить о неидентичности рассматриваемых объектов.

Графический метод идентификации личности по фотоизображениям, практически проверенный на счетных устройствах (ВЭСМ-2, Вычислит. центр ЛГУ им. П. Стучки) также дал хорошие результаты.

«Ручной» вариант графического метода отличается большей простотой и не требует специальных знаний; при этом графическая обработка фотоматериала осуществима в любой обстановке и при любых обстоятельствах. Простота и однообразие построения этого метода открывают широкие возможности механизации этого процесса в криминалистической идентификации объектов.

9. Если рукописные тексты и подписи можно рассматривать в качестве плоских объектов, то установление их автора

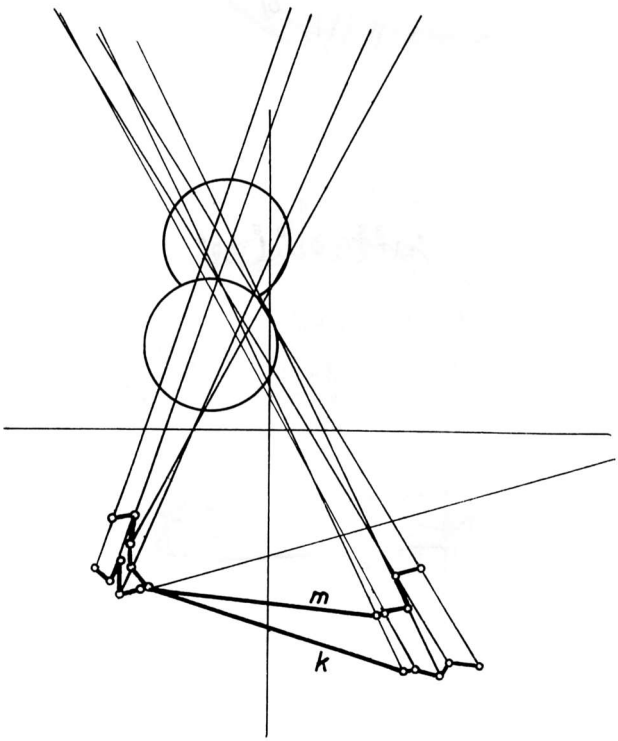


Рис. 21.

(источника) является возможным также по вышеизложенному принципу.

На рис. 18—21 показан случай анализа рукописей. На рис. 18 приведены два образца почерка одного автора, которые связаны с системой координатных осей и преобразованы в виде ломаных линий. При подобном преобразовании признаки почерка, закодированные в виде системы точек, разделяются на две части. Затем эти системы взаимно ориентируются так, чтобы их координатные оси совпадали (рис. 19).

Через одноименные точки графических характеристик исследуемых признаков проводим лучи, и если они проходят через район одной точки, то оба пучка лучей проективны, следовательно, исследуемые образцы почерка выполнены одним и тем же лицом.

На рис. 20 дана фоторепродукция образца почерка, выполненного другим лицом. Сравнивая между собой графические характеристики исследуемых образцов почерка разных лиц (рис. 18, *а* и 20), видим, что прямые (рис. 21), проведенные через одноименные точки, не пересекаются в районе одной точки, а дают значительно большее рассеивание, что свидетельствует об отсутствии проективного соответствия, в результате чего и сложное отношение четырех лучей неодинаково, что характерно для случая анализа признаков образцов почерка разных лиц.

На наш взгляд, этот графический метод можно также использовать при исследовании в дактилоскопии и трассологии.

Точность графических построений

Точность графических построений зависит от ошибок в определении константных точек на фотоснимке, от ошибок в элементарных графических построениях и от деформации бумаги. (Последняя в расчетах не учитывается).

Если известны ошибки элементарных графических построений и последовательность действий, то можно вычислить среднюю квадратическую ошибку точки S, которая зависит от источников ошибки (рис. 18, *а*, *б* и 19) [14].

На рис. 18, *а* и *б* есть четыре источника ошибок в построении осей (3 линии и одна точка) и 6 источников ошибок для каждой константной точки (3 линии и 3 точки пересечения). Общее число источников ошибок на обоих чертежах составляет 2 (4+6n), где n — число константных точек.

На рис. 19 в расположении осей — 3 источника ошибок (центр и 2 оси) и 4 источника ошибок у каждой пары точек

(3 точки и 1 линия). В сумме $3+4к$ источников ошибок, где $к$ — количество пар точек. При количестве константных точек (пар точек) $п=к=5$ имеем итого $2\ (4+6п)\ +3+4к=91$ — независимый источник ошибок. Приближенную среднюю квадратическую ошибку М точки S, достаточно близкую к точной, можно получить в случае, если округлим все источники ошибок до 0,1 *мм*, тогда при наличии 91 источника ошибок

$$M=\pm 0{,}1\sqrt{91}=\pm 0{,}95\ мм$$

Если принять максимальную погрешность точки S в три раза большую, чем средняя квадратическая ошибка, то ее величина составит примерно $\pm$ 3 *мм*. Это значит, что при графическом анализе двух фотоснимков одного объекта прямые пучка практически могут не пересекаться в одной точке, а их точки пересечения будут находиться в круге разброса с радиусом, равным 3 *мм*.

При графическом анализе фотоснимков разных объектов эксперименты показывают, что минимальный разброс точек пересечения прямых минимум в десять и более раз превышает максимальный круг разброса, полученный при анализе снимков одного объекта. Максимальный круг разброса точек пересечения пучка прямых при анализе двух фотоизображений одного объекта можно рассматривать как параметр, который показывает, являются ли анализируемые фотоизображения изображениями одного или разных объектов.

Из вышеизложенного можем заключить, что если при графическом сравнении двух фотоизображений разброс точек пересечения прямых, проходящих через соответствующие точки изображений, не выходит из круга радиусом 3 *мм*, то налицо тождество, а если разброс этих точек будет бóльшим, то тождество в этом случае отсутствует.

Работа по дальнейшему уточнению этого параметра продолжается.

В некоторых случаях, например, при анализе фотоснимка черепа и прижизненного фотоизображения человека, на конечный результат графических построений не так сильно влияет графическая точность, как определение константных точек на обоих фотоизображениях, а также и другие факторы.

Для увеличения точности графических построений надо изыскать методы более точного определения константных точек и выбрать такой метод графического построения, при котором некоторые источники ошибок уменьшаются в числе, а в некоторых случаях и вовсе исключаются. К примеру, две прямые, пересекающиеся под большим углом, дают точку пересечения с меньшей ошибкой. Несколько источников оши-

бок исключим, например, если вместо отдельного рис. 19 сопоставление графических характеристик будем производить прямо на рис. 18, *а*. Графические построения необходимо выполнять тонкими линиями и с большой точностью.

РЕЗЮМЕ

В статье дается теоретическое обоснование нового графического направления в области криминалистической идентификации объектов по их фотографическим снимкам в виде графического идентификационного алгоритма для решения этого рода задач. С помощью аппарата проективной геометрии показана зависимость между фотоизображениями объектов.

Рассматриваются некоторые новые графические идентификационные алгоритмы и дается попытка теоретически обосновать экспериментально разработанный в Рижской научно-исследовательской лаборатории судебных экспертиз графический идентификационный алгоритм.

В статье раскрыто положение о том, что в основе графических алгоритмов лежит сложное отношение четырех элементов ряда точек (пучка прямых), проективные и перспективные ряды точек и пучки прямых.

Даны критерии оценки конечного результата графического анализа двух фотоизображений, позволяющих судить о том, являются ли данные фотоизображения фотоизображениями одного и того же или разных объектов.

Сделана попытка доказать, что при помощи графического алгоритма можно идентифицировать плоские и пространственные объекты по их фотоизображениям, образцам почерка и по другой информации в виде системы точек, отражающей свойства объекта, и что графический алгоритм может быть применен в криминалистических и физико-технических экспертизах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Эльбур Р. Э. Графический метод исследования признаков внешности человека по фотоизображениям. Сборник: «Использование научно-технических средств в охране общественного порядка и борьбе с преступностью». Издательство Высшей школы МООП РСФСР. Москва, 1963.
2. Эльбур Р. Э. Графические алгоритмы и возможности их использования в процессе идентификационных криминалистических экспертиз. (Статья в настоящем сборнике).
3. Четвертухин Н Ф. Проективная геометрия. Москва, Учпедгиз, 1953
4. Глаголев Н. А. Проективная геометрия, 1936.
5. Лихачев Л Н Перспектива малых форм и ее применение. Н.-т, сборник РКВИАВУ, выпуск 19, 1955.

6. Ликачев Л. П. Кинеперспектива, Рига, 1960.
7. Труды Московского научно-методического семинара по начертательной геометрии и инженерной графике. Выпуск второй. Москва, 1963.
8. Труды Московского семинара по начертательной геометрии и инженерной графике. Москва, 1958.
9. Труды Новокузнецкого государственного педагогического института (Кемеровская область), том IV. 1962.
10. Hauck G. Neue Constructionen der Perspektive und Photogrammetrie. Journale «Reine und angewandte Mathematik», Bd. 15. Berlin, 1883.
11. Hauck G. Theorie der trilinearen Verwandtschaftebener Systeme. Journale «Reine und angewandte Mathematik». Bd. 97. Berlin, 1884.
12. Юранс В. Ю. Преобразование сопряженных проекций и их применение для механизации построения аксонометрических и перспективных изображений объектов. Латв. госуниверситет. Ученые записки, Том X, Рига, 1957.
13. Сочивко В. П. Опознающие устройства (обзор отечественной и зарубежной литературы). Судпромгиз, 1963.
14. Мензин К. Ю. О точности графических построений. Ученые записки Рижского политехнического института. Том 8. Рига, 1962.
15. Лихачев Л. Н. Основные задачи киноперспективного анализа конгруэнтных пространств. Тезисы докладов на II Всесоюзной геометрической конференции (17—23 сентября 1964 г.). Харьковский госуниверситет им. А .М. Горького. Харьков, 1964.