

# ИЗОБРАЖЕНИЕ ПРЕДМЕТОВ

*Конвергенция технического  
и когнитивного зрения*

А.М.Ковалев

e-mail: [amkov@ngs.ru](mailto:amkov@ngs.ru) , тел. 332-70-12

# ПРОБЛЕМА

- Изображение окружающей среды, получаемое от камеры с оптическим объективом (техническое зрение), не соответствует зрительному восприятию той же среды человеком (когнитивное зрение).
- Искажения размеров, интерпозиции и глубины предметов могут превышать 100%.
- Почему?

# Ренессансная перспектива

Джотто (1266-1337) Альберти (1404-1472)  
Брунеллески (1377-1446) Леонардо да Винчи (1452-1519)  
Гиберти (1378-1455) Альбрехт Дюрер (1471-1528)



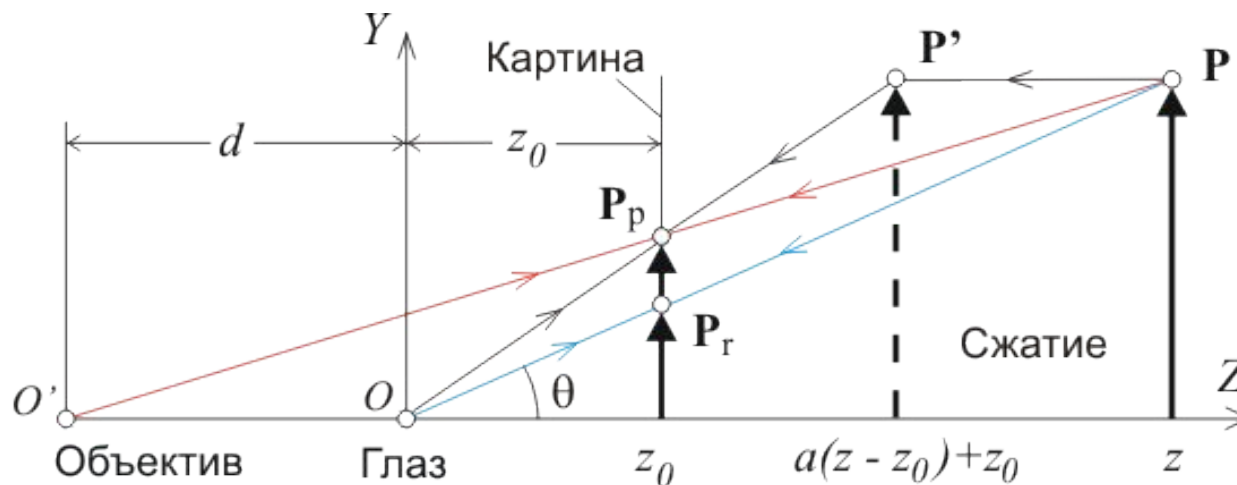
До сих пор является основным методом изображения трёхмерного (3М) пространства предметов

# Многовариантная система перспектив

С точки зрения проективной геометрии – это группа линейных перспектив с дробно-линейной функцией отображения вида:

$$P_p = \frac{P(z_0 + d)}{z + d},$$

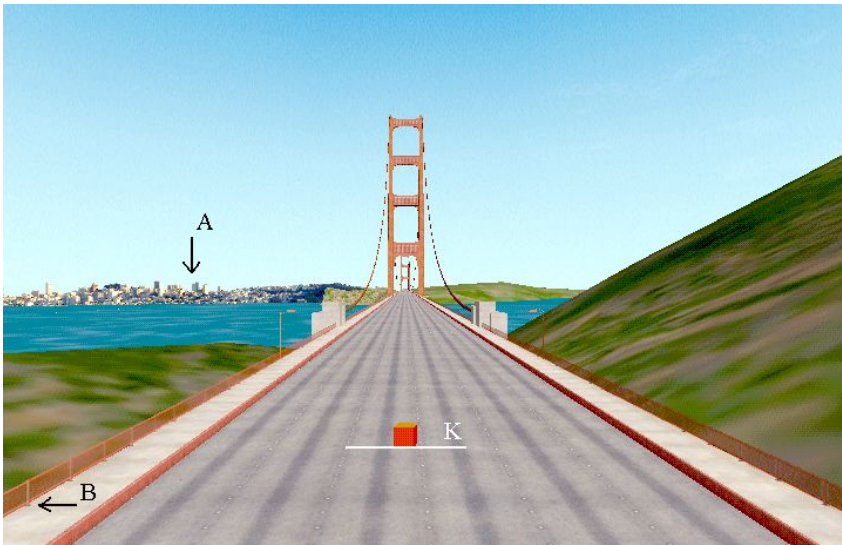
$d=0$  – ренессанс (R);  $d=\infty$  – аксонометрия (A);  
 $0 < d < \infty$  – перцептивная перспектива (Т, М);  
 $-z_0 > d$  – обратная перспектива;  
 $-z_0 < d < 0$  – широкоугольная перспектива (W).



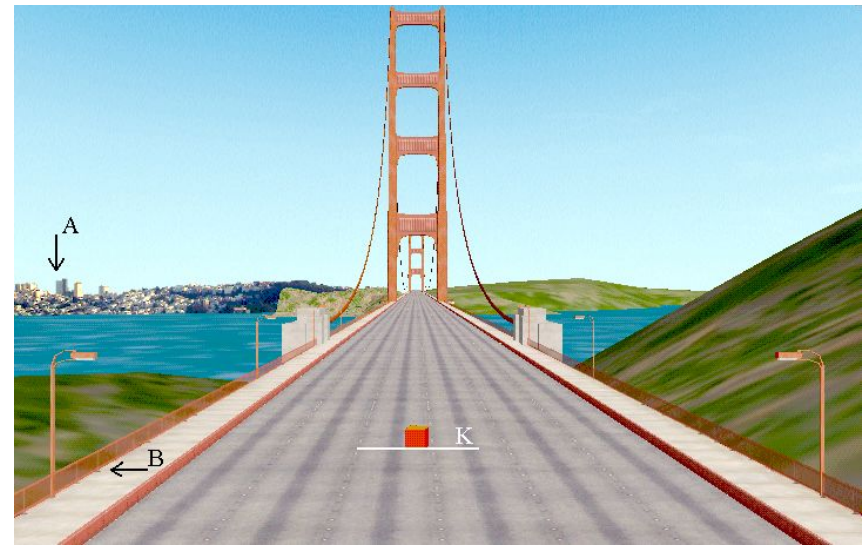
Пат. 2241258 РФ. Способ изображения предметов / А.М.Ковалев. 2004, Бюл. №33.

Входит в список Роспатента «100 лучших изобретений России» под №79.

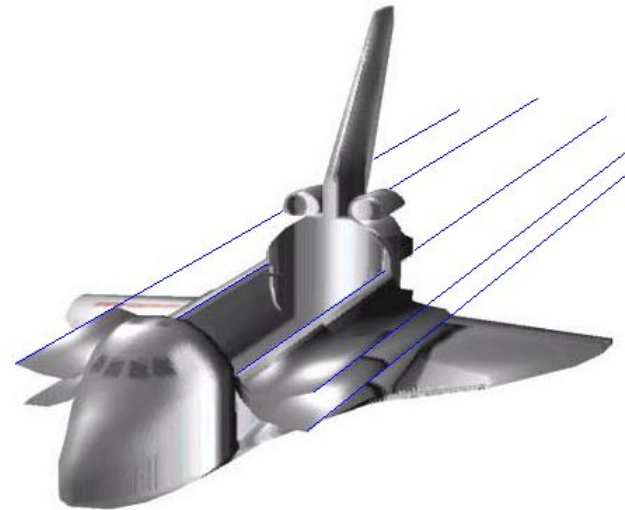
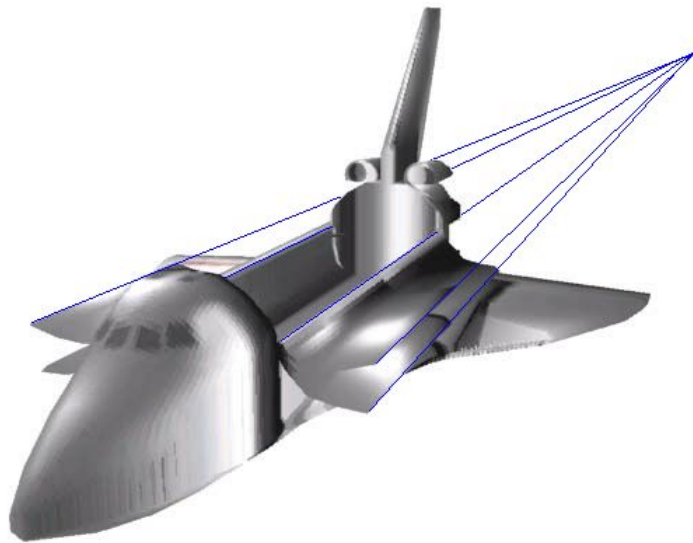
# КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА



Техническое зрение



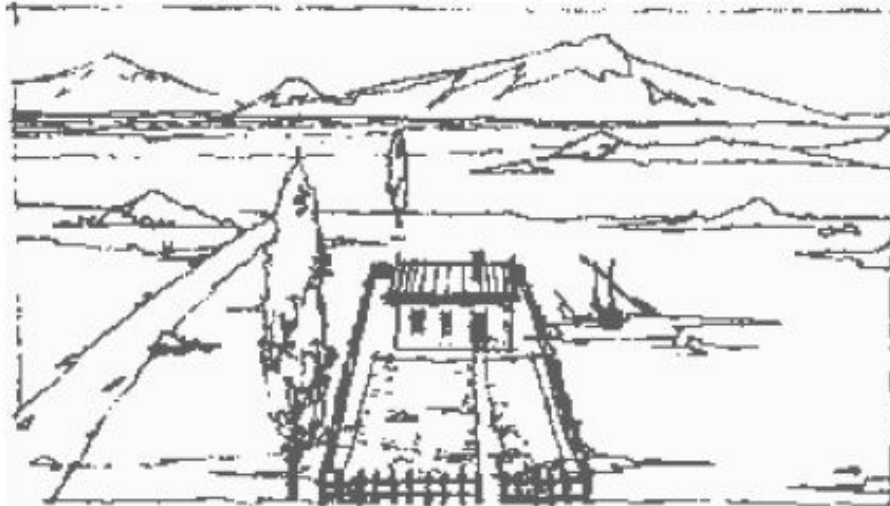
Когнитивное зрение



**Ковалев А.М.** Оценка искажений предметов при отображении перцептивного пространства на картинную плоскость // Автометрия. - 2004. - Т.40, №6. - С.87-100.

# Квазилинейная перспектива

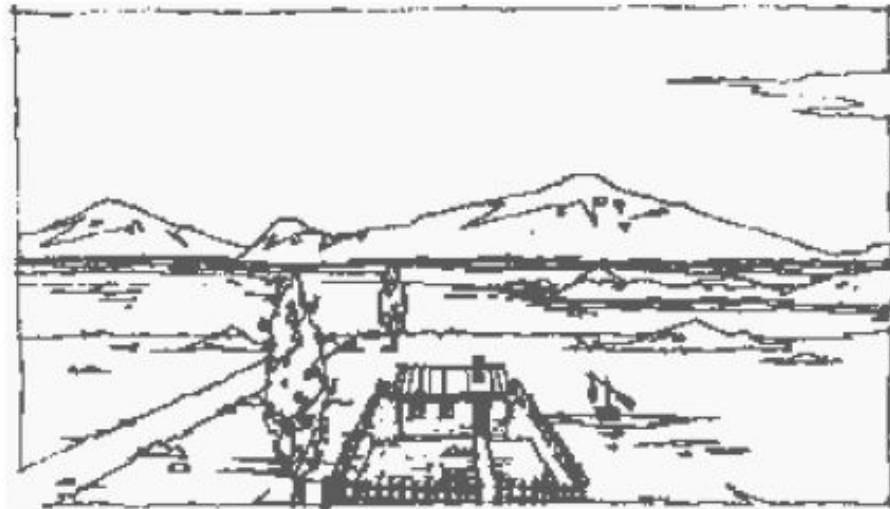
Использует разные параметры  $d_x, d_y$  для разных координат картины.



## Недоступна фотографии

Условный пейзаж. Правильно передана поверхность земли и горы. Ошибочно: вертикали преувеличены высоты деревьев и высота дома

В такой манере рисовал  
Поль Сезанн



## Линейная перспектива (M)

Условный пейзаж. Вариант системы перспективы, правильно передающей вертикальные размеры и ширину предметов за счет искажения передачи глубины. Пространство предельно «сжато». Горы показаны правильно.

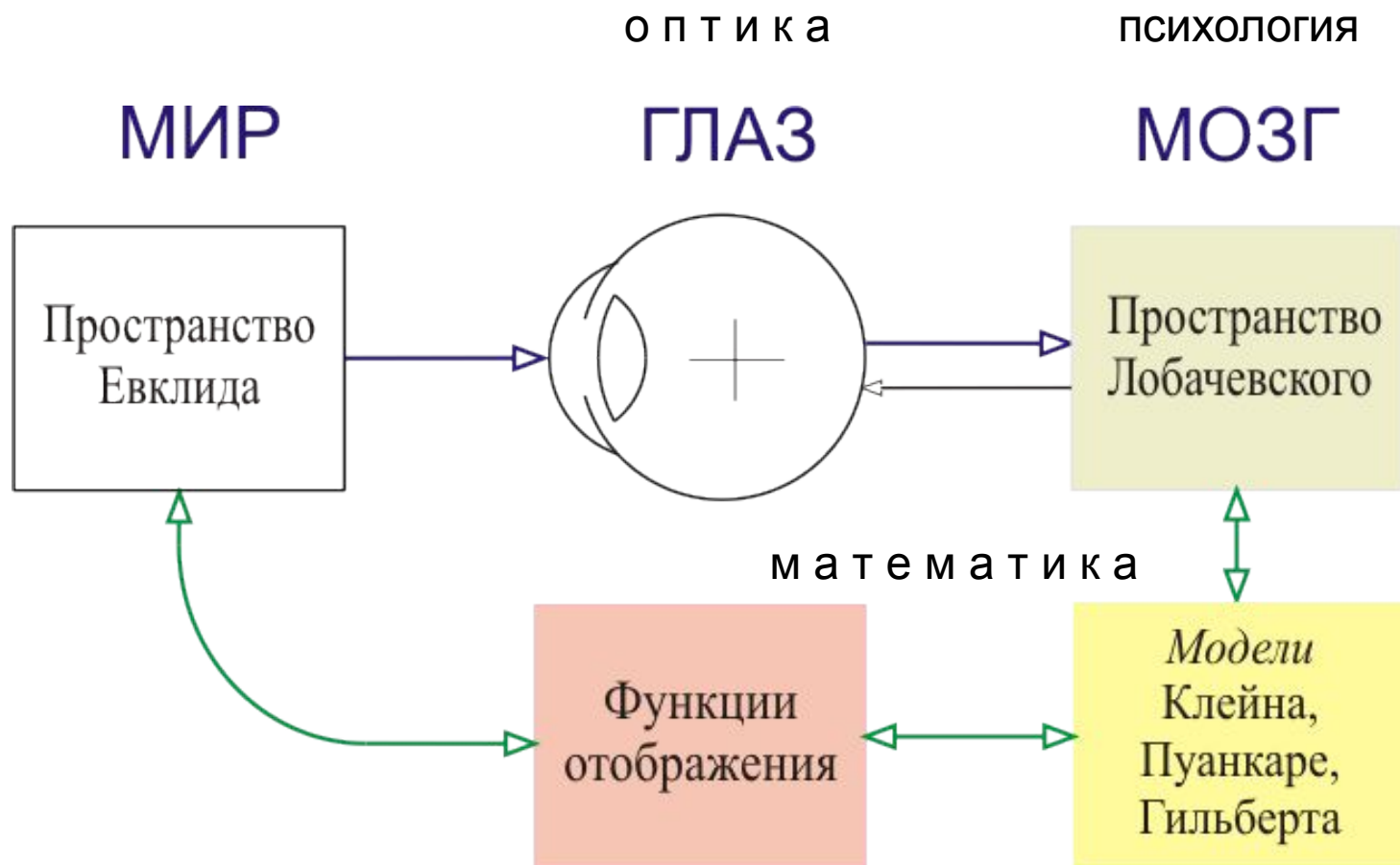
# Выводы

- ✓ Многовариантная система перспектив даёт возможность выбора оптимального варианта для решения конкретной задачи.
- ✓ Существование единой и непротиворечивой системы перспективы, в которой при изображении произвольной точки пространства все три её координаты определяются в полном соответствии с естественным зрительным восприятием, на плоскости невозможно\*.

---

\* Ковалев А.М. О визуальном воспринимаемом пространстве предметов  
// Автометрия. - 2003. - Т.39, №6. - С.3-12.

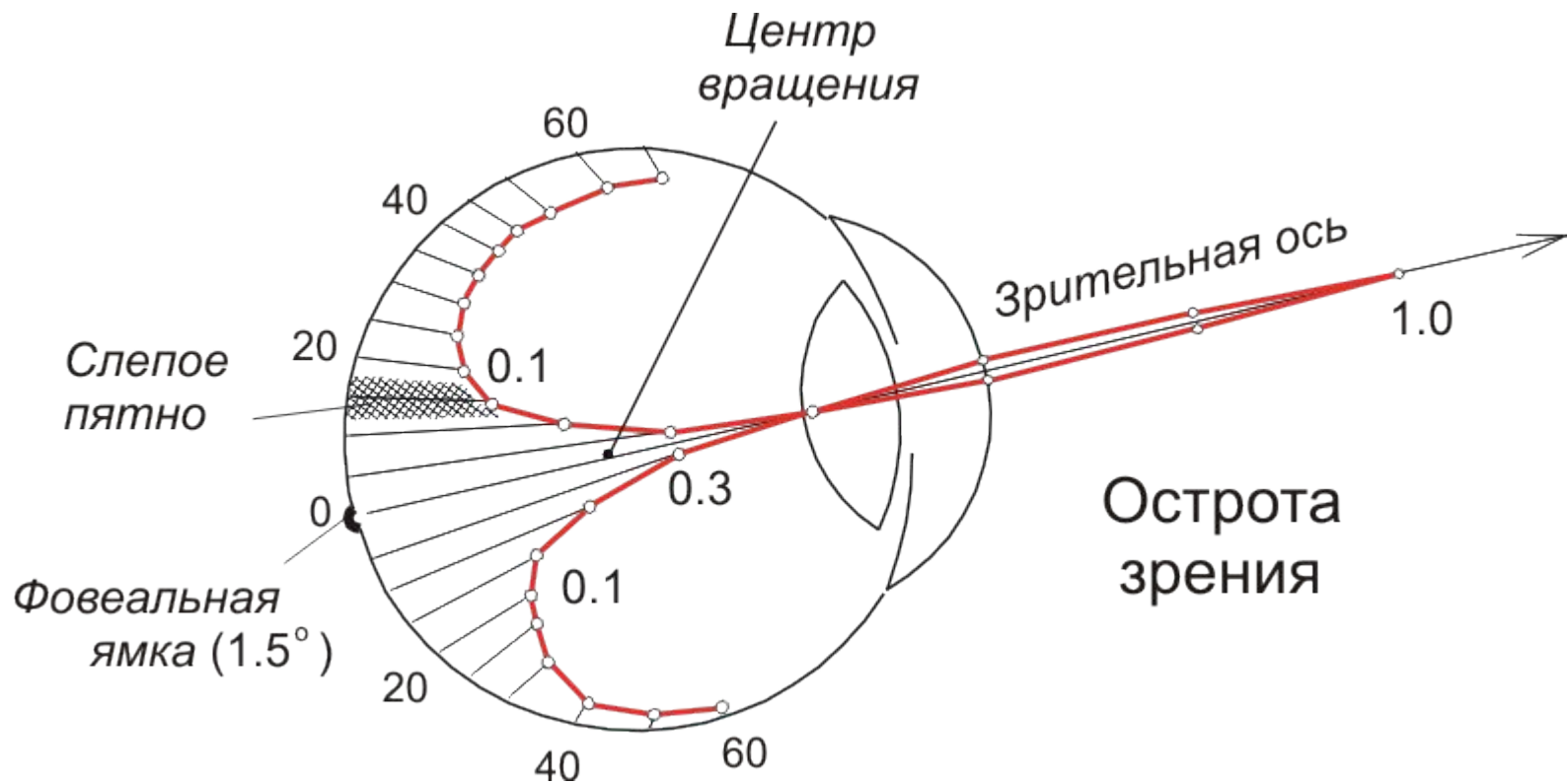
# Исследование глобальной структуры визуального пространства



**Ковалев А.М.** О моделях визуального пространства // Оптика и спектроскопия. - 2006. - Т.100, № 1. - С 134-141.



# Глаз подобен вращающейся узконаправленной антенне, сканирующей пространство



При фиксации взгляда формируется два угла –  $\theta$ ,  $\varphi$ .

# При фокусировании взгляда добавляется дальность до предмета

Редуцированный  
глаз (Кравков С.В.)

$$\psi = 1/r + n/L$$

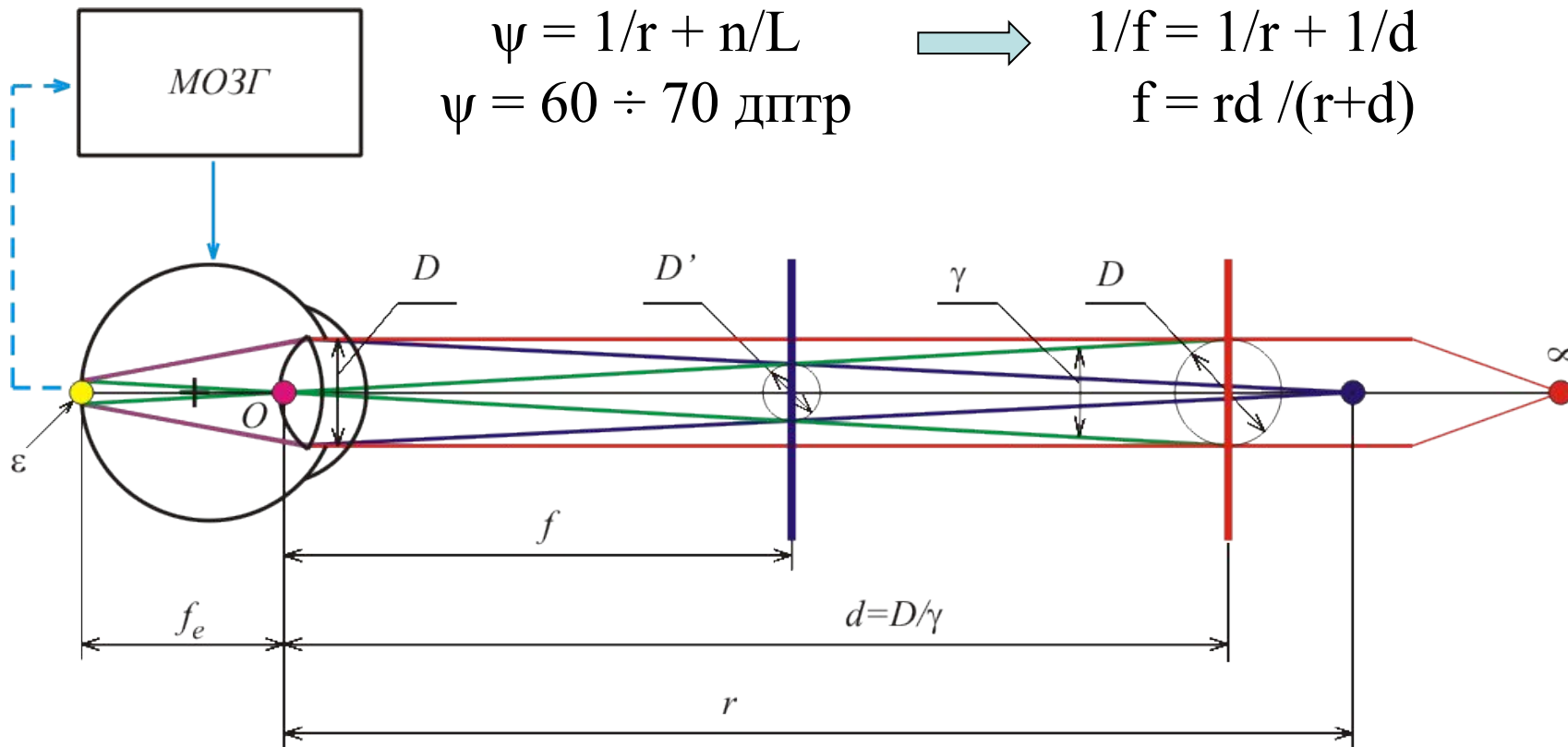
$$\psi = 60 \div 70 \text{ дптр}$$



Виртуальная  
тонкая линза

$$1/f = 1/r + 1/d$$

$$f = rd / (r+d)$$



Гиперфокальное расстояние  $d = 3 \div 6$   
м

# Функции преобразования

МИР – геометрия Евклида  $r, \theta, \varphi$

Сенсорная модель\* (Ф. Клейн)  $q = fm = \frac{rc}{r+d}, \theta, \varphi$

Конформная модель\*  
(А. Пуанкаре)  $p = \frac{2q}{1 + \sqrt{1 - (q/c)^2}}, \theta, \varphi$

Визуальное пространство\* – геометрия Лобачевского

$$\rho = c \operatorname{Arth}(q/c) = 2c \operatorname{Arth}(p/2c) = \frac{c}{2} \ln \left( 1 + 2 \frac{r}{d} \right), \theta, \varphi$$

Закон Вебера – Фехнера

---

\* Ковалев А.М. Описание визуального пространства в моделях Клейна и Пуанкаре  
// Автометрия. - 2006. - Т.42, № 4. - С.57-66.

# Модель Клейна и визуальное пространство

Геометрия Лобачевского на плоскости тождественна с геометрией на евклидовой сфере с мнимым радиусом  $ic$ :

$$x^2 + y^2 + z^2 = -c^2.$$

После подстановки  $z=iz$  получим действительный гиперболоид

$$x^2 + y^2 - z^2 = -c^2$$

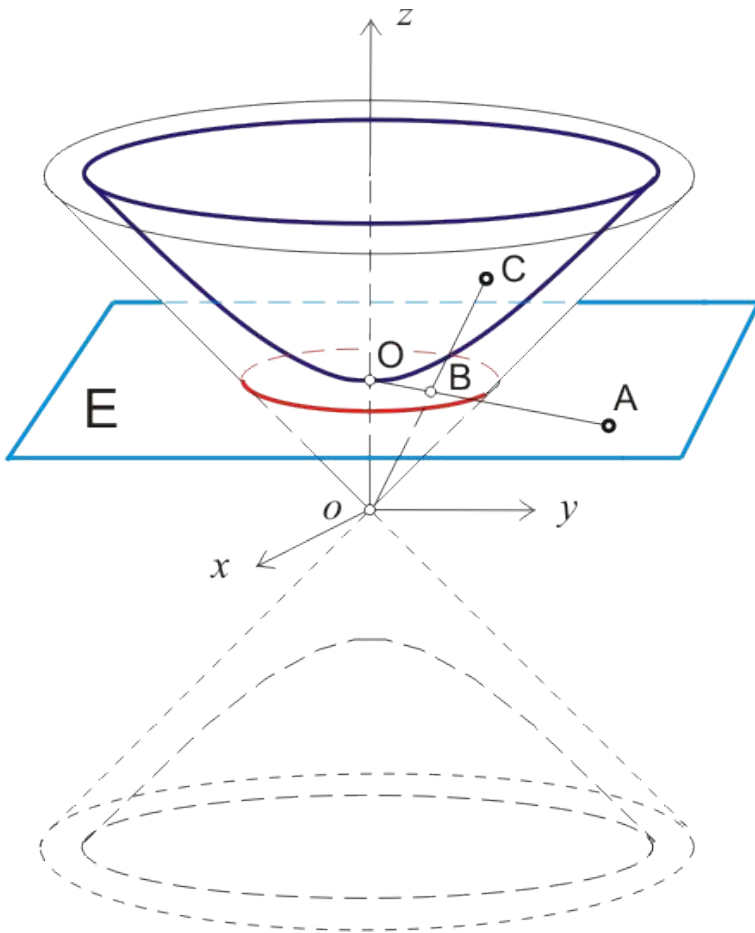
с асимптотическим конусом

$$x^2 + y^2 - z^2 = 0.$$

Пересечение конуса и касательной плоскости  $E$  ( $z=c$ ) дает круг

$$x^2 + y^2 = c^2.$$

Проекция всех точек гиперболоида на круг и есть модель мнимой сферы Клейна.



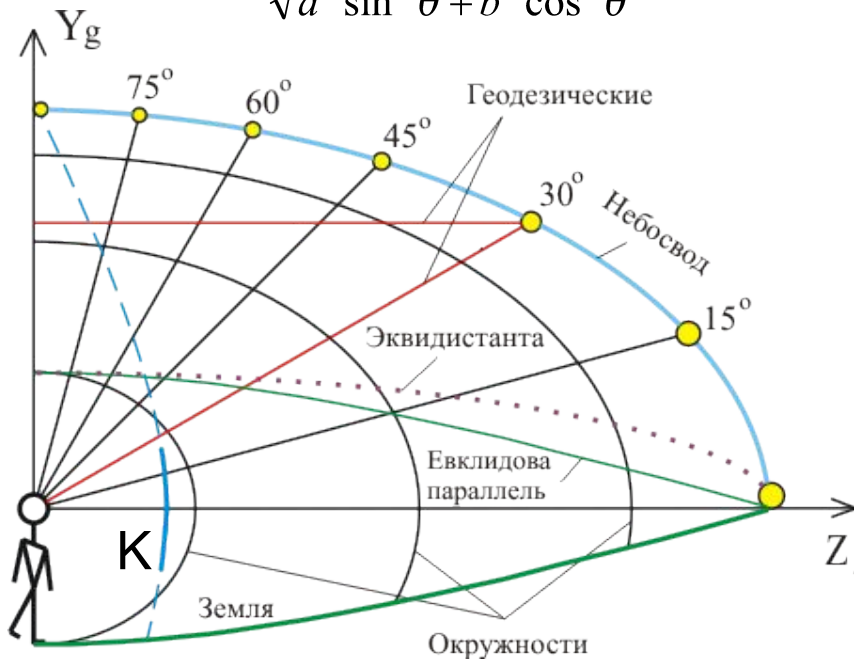
**Модель изотропного пространства – шар с радиусом  $c$ .**

# Анизотропное визуальное гильбертово пространство

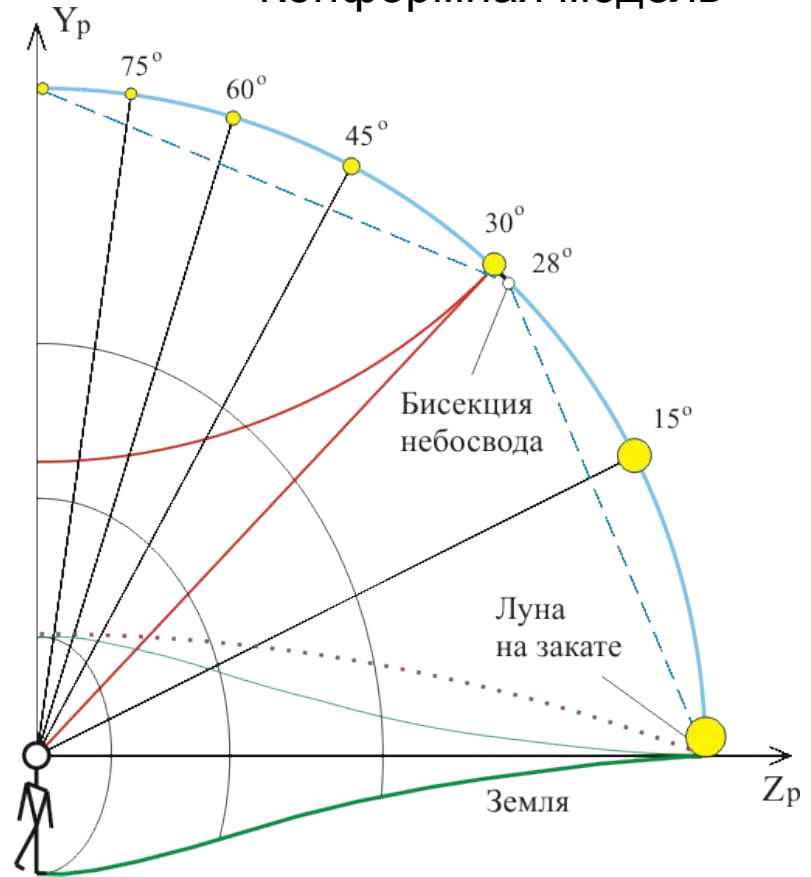
Проективная модель

$$g = \frac{rd_\theta}{r + d_\theta}, \quad \theta_g = \theta, \quad \varphi_g = \varphi$$

$$d_\theta = \frac{ab}{\sqrt{a^2 \sin^2 \theta + b^2 \cos^2 \theta}}$$



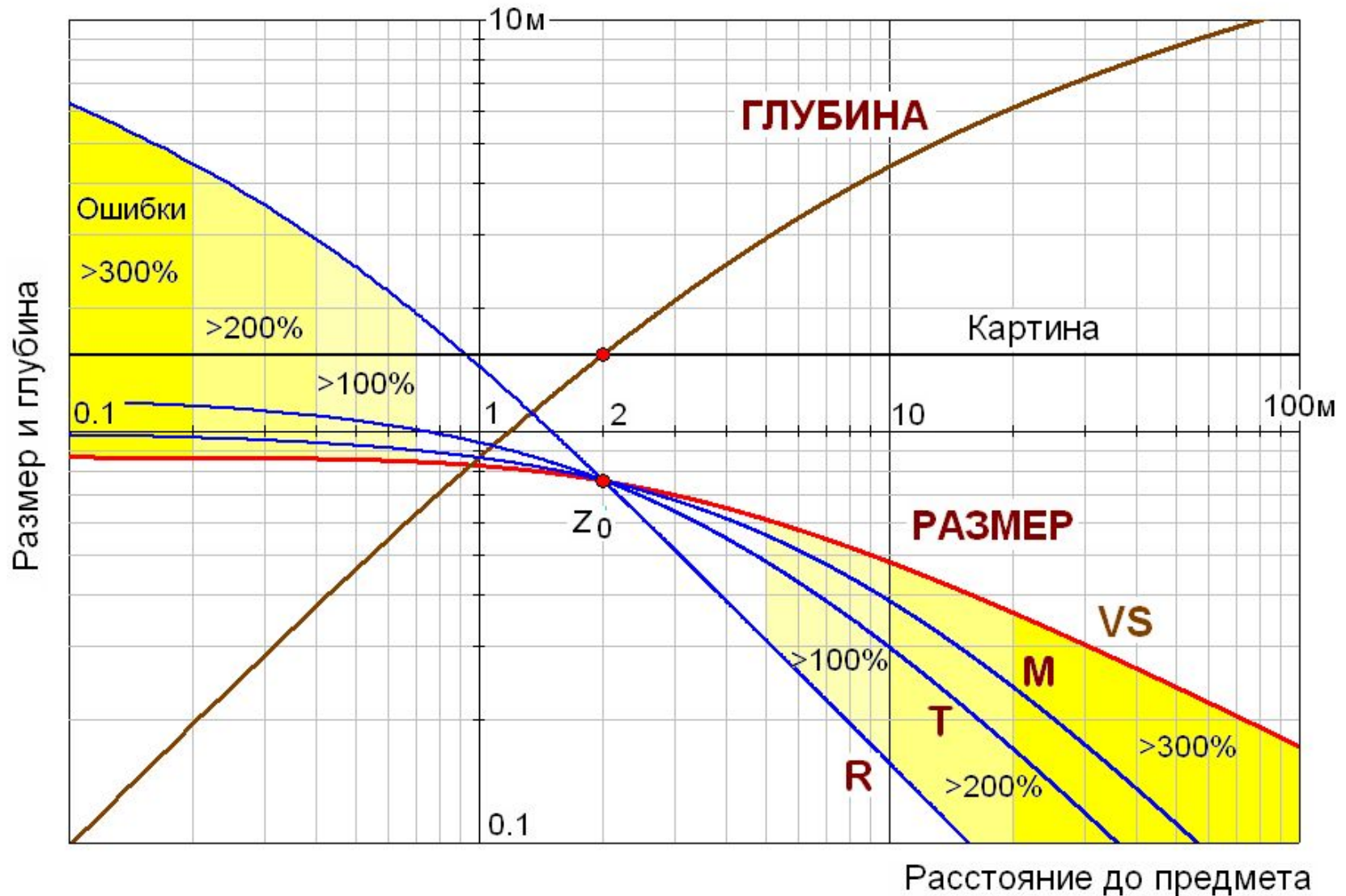
Конформная модель



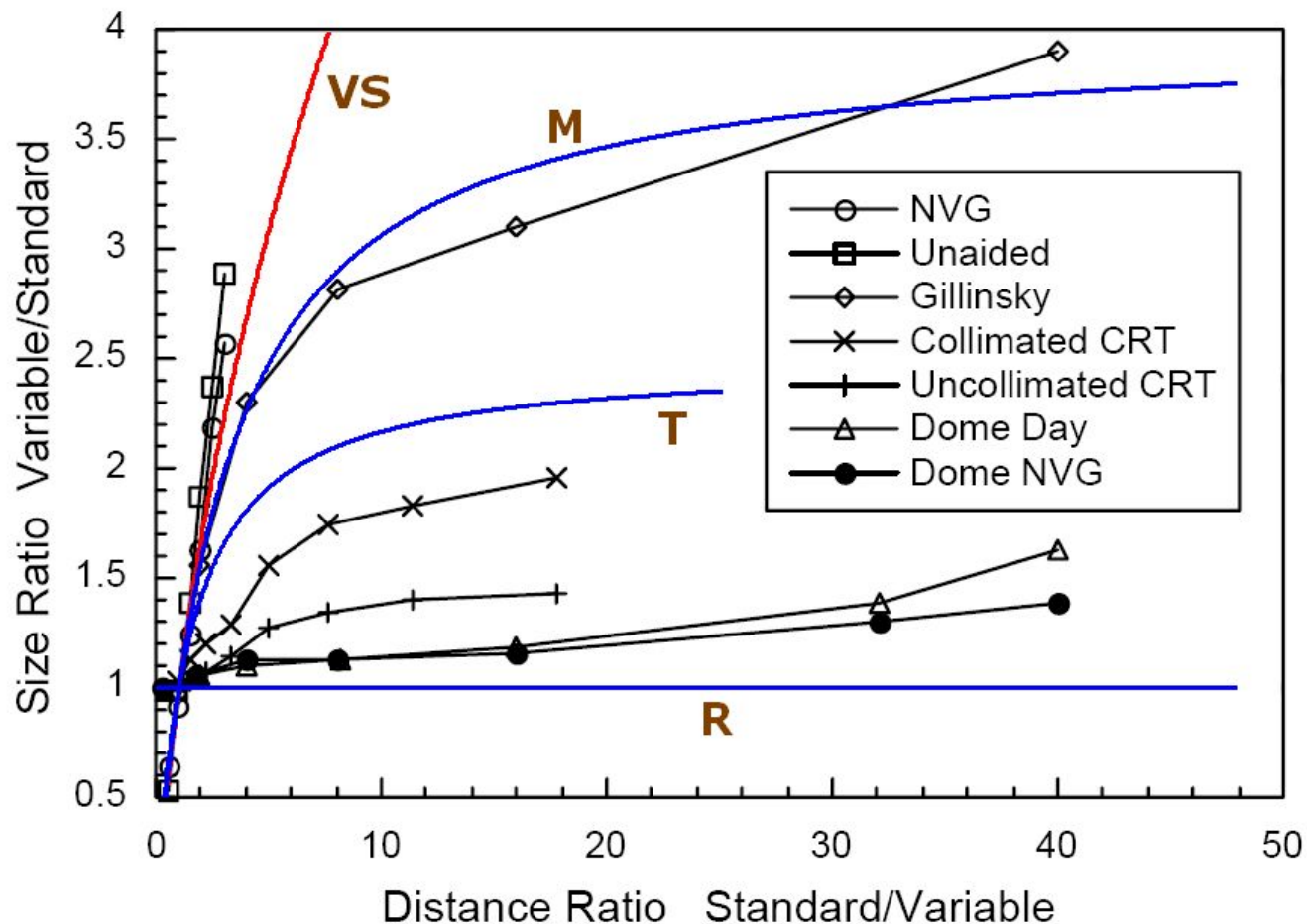
Ковалев А.М. Об анизотропной модели визуального пространства

// Автометрия. - 2006. - Т.42, №6. - С. 53-62.

# Субъективное ощущение размеров и ошибки



# Сравнение результатов с опытными данными



**Aeronautical and Maritime Research Laboratory, Australia.**

<http://www.dsto.defence.gov.au/corporate/reports/DSTO-RR-0201.pdf>

# Заключение

- ✓ Непротиворечивая система перспективы в полном соответствии с естественным зрительным восприятием существует в ограниченном объёме трехмерного пространства. Это – шар Клейна или эллипсоид Гильберта.
- ✓ При конструировании «картинного» пространства (ЗМ дисплеев) необходимо учитывать прямые признаки глубины, стимулирующие аккомодацию и конвергенцию глаз, а также все косвенные признаки, инициирующие когнитивный процесс сотворения визуального пространства.



**СПАСИБО**

**HAVE A NICE DAY!**