

О. А. Фоменко

## МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ИНФОРМАТИВНОСТЬ СИЛУЭТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК АРХИТЕКТУРНОЙ ФОРМЫ

Известно, что как только первичный — сенсорный — уровень восприятия человеком той или иной предметно-пространственной формы обнаруживает в поле зрения пятно — образ, оно, отделившись от фона, мгновенно начинает приобретать признаки перцептивного образа. В этом процессе важнейшим элементом является контур, линия как разделяющая грань между двух реальностей или как линия, изнутри и снаружи ограничивающая данную форму. Сознание “выстригает” пятно силуэта по контуру, отсюда линия как разделение образа и фона.

Природа информационной значимости силуэта формы в том, что это — зрительно самое запоминающееся, впечатляющее свойство общей пространственной организации архитектурной формы, отражающее важные топологические черты внутренней сущности объекта. Поэтому силуэт — одно из важнейших морфологических свойств, которое тесно связано со свойством информативности формы. Психологами установлено, что имеется определенная динамика развития приемов и способов ознакомления с теми или иными признаками объектов. Записи движений глаз на фазе ознакомления с уже выделенным перцептивным содержанием, если таковым является очертание предмета, показывают, что *глаз движется по контуру и почти отсутствуют движения по полю фигуры*.

Выразительность и информационную “весомость” силуэтов можно проиллюстрировать проведенным Ю. Канторски опытом над различными птицами, устанавливающим признаком, по которому птицы опознавали хищника. “Главной чертой хищной птицы, — пишет автор, — является короткая и толстая шея, другие черты несущественны. Птицы определяли грозящую им опасность по соразмерности: силуэт головы с шеей, выдвинутой перед линией крыла, отношение длины к ширине — меньше чем 1:1”. Таким образом соразмерность частей выразительного объема или силуэта послужила толчком к опознанию образа в целом”.

“Наш орган зрения, — говорит Гика, — несмотря на его стереоскопическую приспособляемость, учитывает прежде всего площади. Архитектурные сооружения чаще всего преломляются в нашем зрении как плоские поверхности” [1].

Как справедливо заметил А. Глазычев, композиция города проявляется прежде всего через силуэт — границу между “телом” города и беспредельностью неба. Особо тонкие наблюдатели, вроде американского критика Пола Цукера, замечают, что в зависимости от характера такой границы даже ощущение неба подвижно. Пятна силуэтов, благодаря материальному различию между природной средой и созданными руками человека поверхностями, даже независимо от композиционного решения, всегда приобретают определенную контрастность, он (силуэт определенной площади) является одним из наиболее легко воспринимаемых признаков предметно-пространственной среды. Учитывая особенности восприятия среды, можно сказать, что пятно силуэта является наиболее эмоционально окра-

шенной частью визуальной информации. Силуэт — это граница между массой и пространством, и ее выразительные свойства приобретают особое значение, она разделяет и соединяет их, а следовательно, воздействует на восприятие того и другого, и от ее характера, в конечном счете, зависит выразительность объема и пространства.

Человек способен по отдельным чертам или признакам угадывать форму в целом (это связано с формой хранения информации нашим мозгом), и это придает силуэту статус носителя информации, необходимой для предугадывания формы, и это придает его информативности особую значимость и эмоциональную окраску. Мы легко по выразительному силуэту можем отличить готический собор от архитектурного произведения эпохи классицизма.

Пирамида Хеопса и Парфенон, Тадж-Махал и барочные храмы, капелла в Роншане и готические соборы, ансамбль Афинского акрополя и здание Госпрома — все это разнообразные и конкретные примеры зданий и ансамблей, характерных своими очертаниями, запоминающимися силуэтами.

При зрительном восприятии здания в натуре замечено, что наблюдатель старается находиться перпендикулярно к наиболее интересной для него плоскости. Плоскостное осмысление и восприятие форм и сооружений целесообразно и оправдано и в теоретическом смысле. Это помогает разобраться в иерархическом строе структуры произведения. Именно в контуре содержатся самые существенные сведения о форме. В 1957 г. получил авторское свидетельство Б. М. Брауде-Золотарев на такой метод: берутся две передающие телекамеры, одну наводят на резкость, а другую расфокусируют. Далее, из четкого изображения вычитают смазанное, контуры сразу же резко выступают, словно по ним провели фломастером. В 70-е годы с развитием цифровых ЭВМ резкие перепады яркости — а контур как раз и выглядит таким перепадом — обнаруживали, используя всевозможные математические методы обработки изображения. Так, например, поступала американская космическая станция, опустившаяся на Марс: она в первую очередь выделяла силуэты того, что видел ее телеглаз. И современные промышленные роботы, развивающиеся во всех странах, рассматривают мир своими “глазами”, непременно выделяя контуры. Как хорошо известно из данных, полученных в инженерной психологии, основная часть визуальной информации о форме сосредоточена не в поверхности, а в его контуре. Применительно к архитектурным объектам эта особенность восприятия тесно связана с представлением о выразительности силуэта: более сложный контур объекта часто является и более выразительным.

Силуэт обладает для нас серьезным значением в силу определенных особенностей человеческой психики. Горизонталь и вертикаль как составляющие силуэта равнозначны только в абстрактной системе Декартовых координат. В жизни человека горизонталь — единственная поверхность, на которой можно перемещаться в любом направлении, не испытывая ощущения подъема или спуска. Поэтому всякое нарушение горизонтали регистрируется очень четко.

Направление образует собой привычный мир наших обыденных действий, а вертикаль волей-неволей ассоциируется с некоторым душевным усилием, с проявлением человеческой воли, является своего рода “вызовом небу”. Это было осоз-

нано уже в древности, о чем свидетельствует библейская легенда о строительстве Вавилонской башни, вызвавшем у божества ревность и страх настолько, что Бог смешал языки, дабы строители не могли понять друг друга. Поэтому в нашем исследовании вертикальная линия будет соответствовать максимальной информативности, а горизонтальная — минимальной.

Проведенные Х. Луидхольмом в психологической лаборатории Гарвардского университета эксперименты показывают, что движение по прямой линии вверх ассоциируется у человека с силой и энергией. Прямые горизонтальные линии указывают на безжизненность и отсутствие перемен. Состоянию малой моторной активности соответствуют длинные и низкие волны, высокой — изломанные и острые линии. Исследования психологов показывают, что не только линии вызывают эмоционально окрашенные переживания, но и сами эти переживания ассоциируются с устойчивыми зрительными образами. Опыт такого рода был проведен Л. В. Никольской. Оказалось, что линейные изображения переживаний, выраженные в словесной форме, сходны между собой. Для обозначения уверенности характерны вариации прямоугольных элементов, рациональность обозначается преимущественно горизонтальными прямыми, динамичность — постоянным или нарастающим ритмом [2].

Большая информативность силуэтов показана в многочисленных психологических экспериментах и хорошо объясняется информационной теорией. Система различных геометрических особенностей контурных (силуэтных) изображений и множество правил их пересечения образуют специальный язык, на котором можно различными способами выразить сходства и различия определенных линейных параметров, существующих в анализируемых изображениях, и таким образом описать их информативность.

Такой подход к описанию контуров дает возможность свести задачу описания сложного контура к совокупности задач локального анализа. Задача локального анализа контура заключается в том, чтобы обнаружить структурные элементы, измерить для них значение параметров и, соответственно, определить их информативность.

Проблема распознавания зрительных конфигураций является одной из центральных для целого комплекса наук: психологии, кибернетики, архитектуры и др. Ей посвящены сотни монографий и тысячи статей. Чаще всего речь идет о синтаксическом подходе: сначала выделяются отдельные элементы (признаки), из которых по определенным правилам строится перцептивное описание конфигурации. В нашем исследовании за основу следует взять тот факт, о котором мы упоминали в предыдущем разделе, что общим принципом “психофизики формы” являются три положения: *восприятие формы включает оперирование более элементарными единицами (элементами контура, углами и т.п.); этот процесс имеет иерархическую структуру, позволяющую переходить от относительно дробных к более общим признакам; субъективная сложность формы представляет собой функцию числа операций, осуществляемых при ее перцептивном описании.*

Для нашего анализа важно учитывать одну из наиболее интересных теорий, исследующих проблему восприятия контуров, развитую группой голландских ученых во главе с Э. Левенбергом и Х. Буффартом, которая гласит, что *информатив-*

ность конфигурации определяется числом операций, которые осуществляет перцептивная система для ее описания.

В настоящее время известно несколько способов оценки сложности контура. В работе Кристнера и Рея принято, что количественный показатель сложности контура плоской фигуры равен квадрату ее периметра, деленного на площадь этой фигуры [3]. Более трудоемкий способ обоснован Б. В. Варским и М. А. Гузевой: сложность оценивается частотой и количеством “перепадов” относительно некоторой точки.

Способы оценки контура предлагали также Р. П. Повилейко, И. Глухаров и многие другие [4].

В этом же контексте можно привести работы А. Ярбуса, на опыты которого теперь ссылаются во всем мире. Исследуя зрительное восприятие, он прикреплял на глазу испытуемого маленькое зеркальце, и световой зайчик писал на фотобумаге след движения глаз, когда человек рассматривал картину. Получившийся узор свидетельствовал, что глаза вовсе не обводят зрочками контуры предметов, а совершают странные, поначалу кажущиеся хаотическими скачки [5].

Каковы все-таки формальные признаки, характерны для фиксации точек взгляда? Что именно принимает зрительный аппарат за информационно важную особенность? Физиологи считают, что это участки контура с очень сильным искривлением — информативные фрагменты. Очевидно, что точки максимальной кривизны и пересечения контуров — это максимумы функции информативности. И здесь мы вновь обращаемся к теории восприятия. Ясно почему взор задерживается на некоторых фрагментах формы, причем именно на максимумах информативности. Ведь скачки глаз согласовывают, таким образом, ограниченную пропускную способность зрительного аппарата с колоссальной информационной насыщенностью окружающего мира. Что касается тех элементов формы, на которых взор не остановился во время рассматривания, то, судя по исследованиям психологов, мозг просто досочиняет их, используя при этом те миллионы картин, прошедшие через сознание перцепиента и отложившиеся в памяти.

Наиболее близким к основным принципам, выведенным выше автором, стоят эксперименты по анализу сложности контура, проводимые В. А. Ганzenом и Р. М. Грановской. Они исходят из той посылки, что сложность контура *пропорциональна его информативности*. В свою очередь, на количество информации, получаемой зрителем при восприятии контура формы, влияют следующие факторы: 1) число точек контура, в которых кривизна меняет знак; 2) число криволинейных участков контура; 3) сумма абсолютных приращений угла наклона касательной [6].

Существенным недостатком в этой работе является, по мнению автора, то, что авторы исследуют чисто статистическую информационную сложность контура, игнорируя при этом *причинно-следственный характер процесса его восприятия*.

Каким же образом можно измерить информацию, заложенную в контуре?

В первую очередь необходимо установить, какие параметры этого графика в соотношении их с информационными свойствами нашего восприятия являются информативными.

Из теории информации известно, что любое сообщение характеризуется некоторой измеримой величиной, которая называется *количеством информации*. Эта

величина прежде всего зависит от длины сообщения, а также от пространственных и временных параметров ее носителя. Кроме того, численное значение ее тем больше, чем меньше вероятность появления данного сообщения, чем меньше математическое ожидание какого-либо события, тем более информативно сообщение о нем.

В разработке метода учитывается, что горизонталь и вертикаль как составляющие силуэта равнозначны только в абстрактной системе Декартовых координат. В жизни человека горизонталь — единственная поверхность, на которой можно перемещаться в любом направлении, не испытывая ощущения подъема или спуска. Поэтому всякое нарушение горизонтали регистрируется очень четко. Направление образует собой привычный мир наших обыденных действий, а вертикаль по мнению психологов, ассоциируется с некоторым душевным усилием, с проявлением человеческой воли. Поэтому, в нашем исследовании вертикальная линия будет соответствовать максимальной информативности, а горизонтальная — минимальной.

Каждое изменение визуального поля, его неоднородность несут в себе информацию. Поэтому каждое изменение параметров контура позволяет нам получить представление о его информативности. Изменения эти отражают координаты каждой точки контура. Таким образом, мы можем рассмотреть контур силуэта архитектурного объекта как график некоторой функции, отражающей пространственное состояние материального объекта, который мы имеем право исследовать при помощи аппарата высшей математики. Каждый участок исследуемого графика представляет собой определенного вида функцию — окружность, прямая, овал.

В восприятии каждая точка материального объекта расположена и отражает не только пространственное, но и физическое состояние объекта. Положение физического объекта в пространстве позволяет оценить вероятность этого состояния.

Из второго начала термодинамики известно, что энергетические процессы в природе происходят от менее вероятных состояний материи к более вероятным, направленным к утрате энергии. Более вероятными являются процессы отдающие энергию. Эти процессы, как мы уже говорили, называются энтропийными, то есть разрушительными, противоречащими порядку. Там, где господствует порядок, константность, материя и энергия сохраняются, там, где есть элементы разрушения, нарастает хаос и, соответственно, энтропия. Адекватным образом, то есть теми же самыми средствами, которыми физика описывает энергетические процессы, формулы теории информации описывают процессы информационные. И это не удивительно, поскольку речь идет о взаимосвязи самых глобальных категорий мироздания, таких как пространство, материя, время, движение, информация.

Как известно из физики, расположение тела на большом расстоянии над земной поверхностью менее вероятно, чем расположение его на земле. Если мы, например, будем поднимать вверх, то есть двигать относительно оси  $Y$ , некий объект, имеющий определенную массу, то с изменением высоты, на которую мы его поднимаем, то есть с нарастанием  $dy$ , в нем будет нарастать потенциальная энергия. Чем выше мы поднимаем объект, тем выше его “потенциальная энергия”. Имен-

но это состояние объекта является маловероятным, ибо более вероятным является падение, обесценивание, аннигиляция энергии. Здесь следует отметить, что всякая созидательная деятельность природы, направленная на создание живых форм, всегда направлена в сторону, противоположную энтропии, то есть в сторону организации, порядка, в сторону нарастания уровня симметрии. При этом она как бы противостоит второму закону термодинамики. В связи с этим мутации, на которых строится развитие, маловероятны, также как маловероятно нахождение объекта на большой высоте.

Чем выше относительно линии горизонта находится объект нашего восприятия, тем его состояние является более невероятным и, соответственно, тем более информативным он становится. Таким образом, физические и информационные описываются похожими формулами. Потенциальная энергия, содержащаяся в объекте, адекватна его информативности. Сканируя по контуру, наш глаз как бы суммирует заложенную в нем потенциальную информативность.

Если вспомнить, что информация — это мера неоднородности, мера изменений, и если рассматривать нулевое состояние неоднородности как ось  $X$ , то есть как линию горизонта, то любое положительное значение  $Y$  является информативным. Поэтому любое высоко взметнувшееся в небо сооружение воспринимается нами более информационно значимым “событием”, чем маленькое, приземистое, почти сравнявшееся с землей. Осознание феномена восприятия высоты как носителя информативности позволяет нам с некоторой степенью условности рассчитать основную составляющую информативности контура, отождествляя ее с интегрированным накоплением информации о любых положительных изменениях  $Y$ . Определив изменение высот контура относительно оси  $Y$  с определенным шагом  $n$ , мы тем самым определим накопленный запас изменений кривизны во всех локальных участках анализируемого контура, соответствующих непрерывным аналитическим кривым, что составляет объективный запас информативности, пропорциональный количеству порогов различения, укладываемый в вышеозначенный запас изменений кривизны.

Обозначим эту информативность как  $\Delta'$ .

Из экспериментальной психологии известно, что постоянно повторяющийся сигнал постепенно перестает быть информативным для получателя, поэтому привыкание к нему аннигилирует его информативность. Восприятие, оценивая непрерывную информативность контура, непрерывное его изменение в каждой точке как некую сумму координат  $Y$  точек контура, постепенно привыкает к определенным изменениям, к поступающей информации, глаз начинает ее игнорировать и, в конечном счете, перестает на нее реагировать. Он не может зафиксировать ее как новую информацию.

С точки зрения теории вероятности, спад информации в рассматриваемой ситуации можно объяснить тем, что при постоянном повторении одного и того же стимула вероятность его повторения при ожидании равна единице.

Оценив первичную информативность силуэта и привыкнув к ней, восприятие может отметить как новую информацию скорость изменения этой координаты вдоль контура. Это может быть адекватно отражено в анализе информативности первой производной, которая, как уже говорилось, описывает уже не путь, кото-

рый соответствует изменениям координат графика по оси  $Y$ , а скорость изменения функции.

Таким образом, вторую составляющую воспринятой информативности, заложенной в контуре того или иного архитектурного сооружения, предлагается просчитывать при помощи первой производной, которая отражает запас визуальной неоднородности, пропорциональный тангенсам углов касательных в заданных точках изменения  $dy/dx$ . Первая производная, показывает скорость. Она фактически является мерой той новизны, которая появляется после адаптации и привыкания к постоянному изменению. Проинтегрировав таким образом по контуру выбранного нами архитектурного сооружения, мы получим площадь пятна его силуэта, что пропорционально первичной его информативности, так как первичная фаза восприятия (*minimum sensible*) — обнаружение — это прежде всего обнаружение пятна на фоне. Эта информативность является одним из основных информационных начал, где мы можем рассматривать два состояния фона и объекта в двоичной системе первичной информации.

Обозначим эту информативность как  $\Delta'$ .

Таким образом, мы можем записать, что  $\Delta' = Y' = F'(x)$ .

Как мы уже указывали, человек привыкает к той или иной информации, если она будет появляться достаточно часто. Она перестанет быть неожиданной, человек внутренне уже будет готов к ее восприятию, так как она была подобна предыдущей, что само собой ослабляет интерес к этому явлению. Привыкнув к изменениям координат  $Y$  вдоль контура графика, отраженного первой производной, восприятие будет оценивать поступающие сигналы как новые сообщения в случае “изменения этих изменений”. Если исследуемый контур имеет, помимо прямых линий, кривые — окружность, эллипс, гиперболу или параболу, то человеческий глаз, сканируя по этим кривым, привыкает к закономерностям, ими образованным, то есть к имеющейся информации, он снова начинает ее игнорировать и, в конечном счете, перестает на нее реагировать. Отразить это может вторая производная.

Обозначим эту информативность как  $\Delta''$ .

Таким образом, мы можем записать, что  $\Delta'' = Y'' = F''(x)$ .

Вторая производная, если она не равна нулю, показывает уже не скорость, а ускорение, “изменения изменения изменения”, то есть изменяется ли измененное изменение или нет. Она фактически является мерой той новизны, которая появляется после адаптации и привыкания к постоянному изменению. Эту новизну можно считать объективной мерой той информативности, которая потенциально может быть воспринята. Таким образом, мы описываем объективные состояния изменений, которые могут иметь место при восприятии. Вторая производная показывает возможность появления все новой и новой информативности и, соответственно, дает объективную долю возможной оценки информативности архитектурной формы.

Итак, мы выяснили, что объективные изменения, соответствующие изменениям высот исследуемого графика в каждой точке  $n$ , называемые нами  $\Delta$ , “изменения изменений”, описываемые при помощи первой производной, названные нами  $\Delta'$ , и “изменения изменений изменений”, описываемые нами при помощи второй произ-

водной, называемые нами  $\Delta''$ , отражают различные уровни морфологической информативности контура. Сумма всех этих составляющих покажет нам общий информационный “вес” каждого исследуемого архитектурного произведения.

Опыты, проведенные видеоэкологами, показывают, что при восприятии человеком объекта архитектуры глаза выхватывают в первую очередь углы как наиболее информативные элементы контура. По свидетельству психологов, среда, в которой есть множество углов и пересечений, является наиболее информативной. Она оказывает более благоприятное влияние на человека, в ней он чувствует себя наиболее комфортно. Самыми характерными формальными признаками для точек фиксации взгляда являются участки контура с очень сильным искривлением.

Учитывая такую информационную значимость угла, следующим компонентом метода анализа контурных характеристик архитектурной формы является анализ графика функции в точках ее разрыва.

Чем дальше человек визуально исследует тот или иной контур как функцию, представляющую собой определенного рода закономерность, тем меньше он ожидает появления определенного события, новой информации. Чем дальше человеческий глаз скользит по одному и тому же лекалу, тем меньше информативности при этом остается. Возрастает же информативность в точке обрыва функции, где перестает действовать непрерывность. Точки разрыва функции содержат максимальное количество состояний касательных углов между горизонталью и вертикалью и соответствуют максимальному количеству порогов различения и, соответственно, обладают максимальной информативностью. В точках разрыва функции мы переходим к другой программе, к другой предсказуемости, и, соответственно, в этих углах содержится максимальная информативность и максимальная непредсказуемость, которую следует измерять.

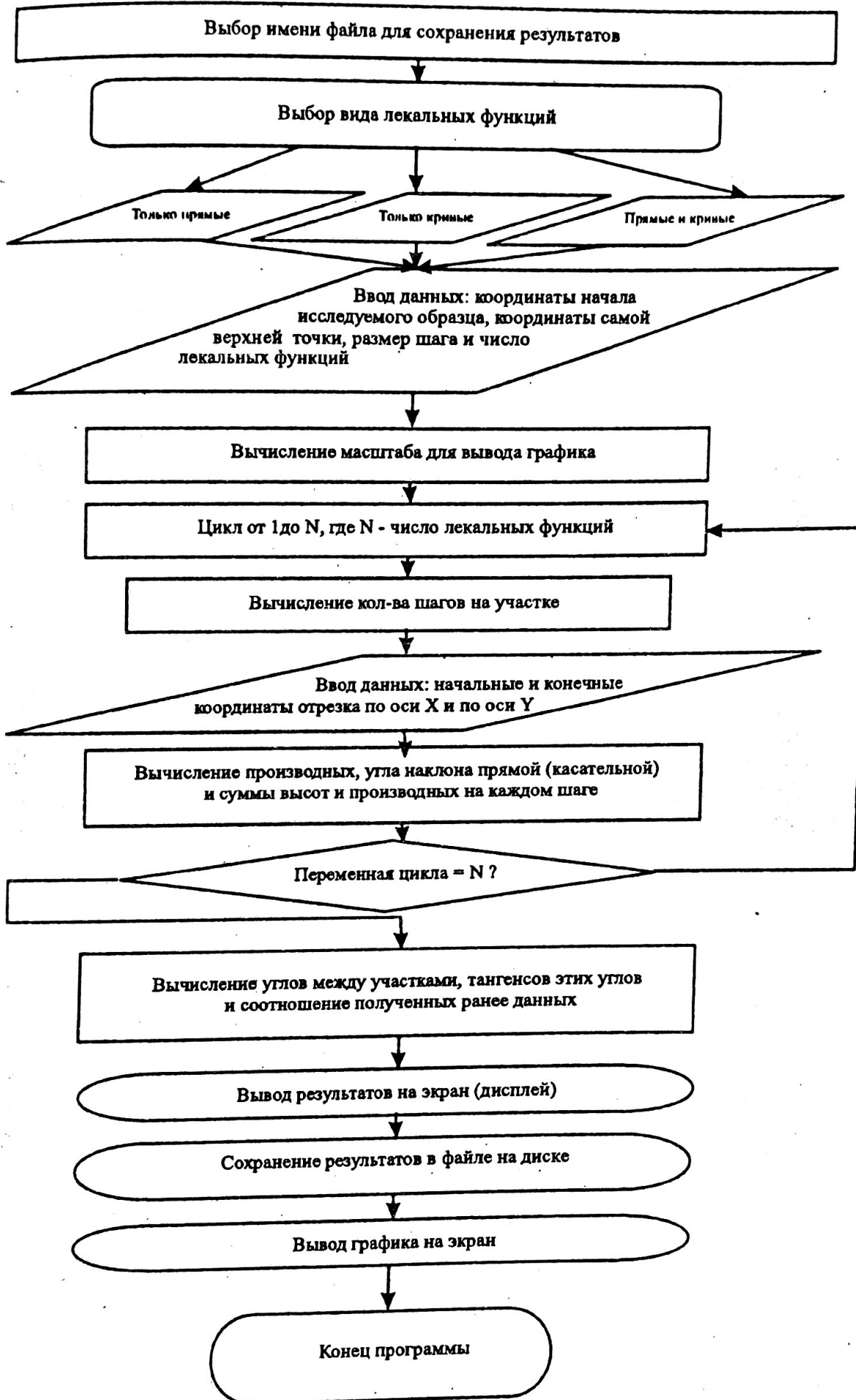
Просчитав тангенсы этих углов, мы получим информативность, аналогичную той, которая определялась путем просчета первой производной, —  $\Delta'$ . Последовательность измерения углов соответствует направлению движения взгляда европейца — слева направо. (Для ориентировки в асимметричном пространстве большее значение имеет выделение “ведущей” правой руки, опираясь на которую человек и осуществляет сложный анализ внешнего пространства и системы объективных пространственных обозначений (правое — левое), которое имеет социально-историческое происхождение.)

При этом информативным является то изменение угла, которое происходит в сравнении с предыдущим направлением движения глаза по контуру. Последовательно определив разницу между первым углом и каждым из существующих, мы получим значения, которые будут соответствовать  $\Delta''$ .

В предлагаемом методе анализа морфологической информативности рассматривались линейные характеристики архитектурной формы, как одного из многочисленных звеньев в восприятии архитектурной формы и порождении ее образа в сознании человека. Вполне очевидно, что, аналогичным образом исследуя соотношение доз сходства и различия в других, более сложных, морфологических характеристиках архитектурного объекта, таких, например, как объем, возможно было бы получить соответствующие их информационные характеристики.

Далее, на всемирно признанных образцах архитектуры, эстетическая репута-





Алгоритм программы



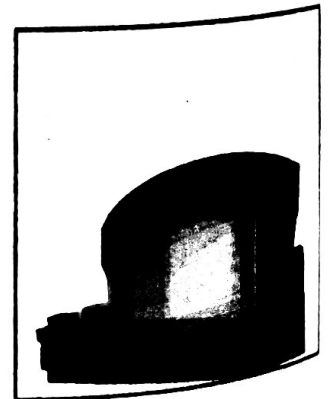
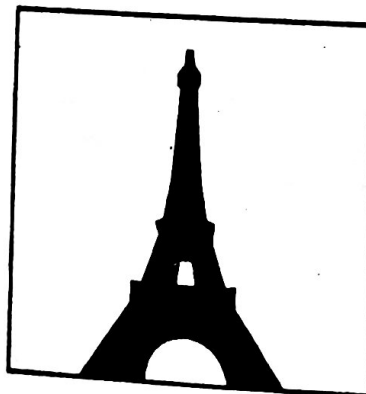
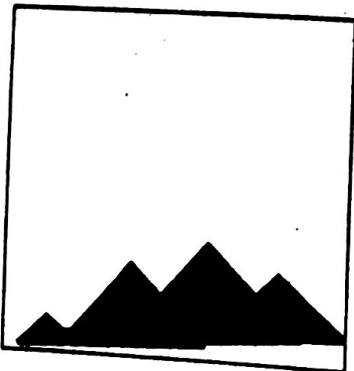
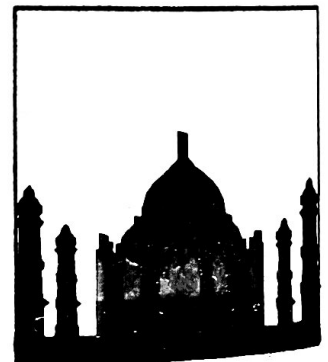
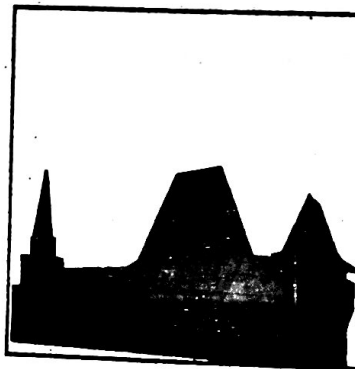
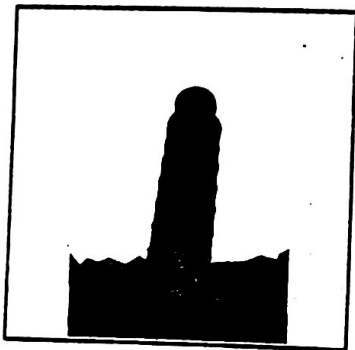
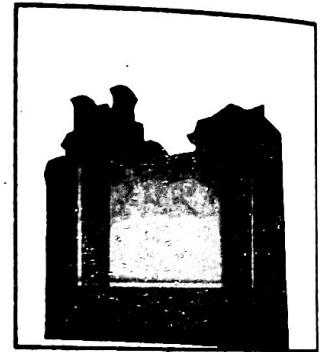
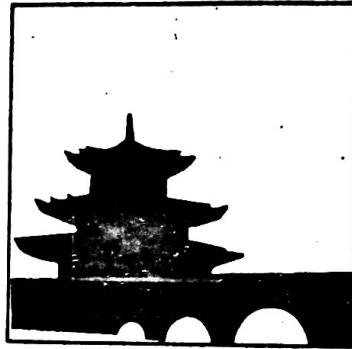
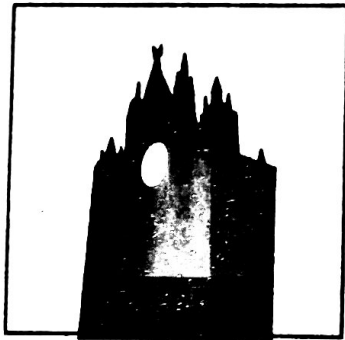
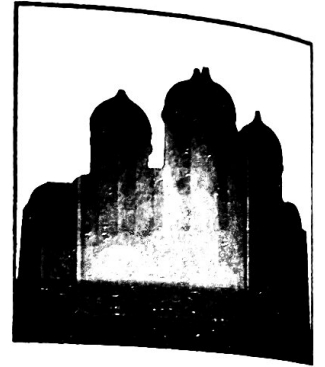
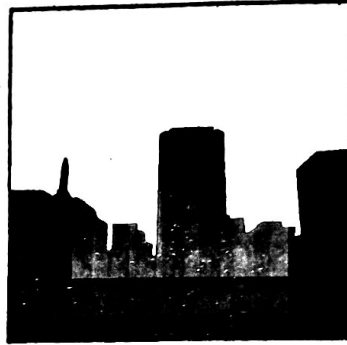
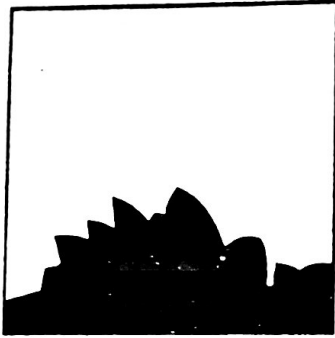
$\Delta L$

Различие угловой  
константности и  
константности

Этап  
восприятия  
знака линии

L

- 3 "Информационные ресурсы на обобщенном уровне с "символическими значениями"
- 2 "Информационные ресурсы на тактильном, обобщенном уровне с "морфологическими значениями"
- 1 "Информационные ресурсы на тактильном, обобщенном уровне с "морфологическими значениями"



ция которых не поддается сомнению, так как она проверена временем, продемонстрирована работа изложенного выше метода анализа. В каждом из исследуемых образцов определено соотношение константности, сходства и информативности — различий. Расположив их на условной шкале информативности, полярными категориями которой на оси X являются все те же “сходство” и “различие”, мы имеем возможность визуально представить себе тенденции и информационные характеристики исторического процесса развития стилей архитектуры. Величина амплитуды колебания между сходством, консервативностью и различием, динамикой позволяет нам оценить степень динамичности этого процесса.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Гика М.* Эстетика пропорций в природе и искусстве. — М., 1936. — С.3,202.
2. *Никольская Л. В.* Линия и слово. Образные ассоциации при восприятии силуэтов // Строительство и архитектура. — Л., 1980. — № 10. — С. 36.
3. *Кристнер Ш., Рей Г.* Оценка влияния некоторых комбинаций кодов целей на фоне на эффективность чтения кристаллографической информации на экране индикатора. Инженерная психология. — М., 1964. — С. 410.
4. *Повилейко Р. П., Шехвиц Э. И.* Пропорции в технике. — Новосибирск, 1965.
5. *Ярбус А. Л.* Роль движений глаз в процессе зрения. — М., 1965. — 166 с.: ил.
6. *Ганзен В. А., Грановская Р. М.* Об одном способе количественной оценки сложности контура // Проблемы психологии. — Вып 2. — Л., 1965.