

Аналогия и техническое творчество

Г.Я.Буш

4.2. ТАКСОНОМИЯ ЭВРИСТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ АНАЛОГИИ

Мы уже отметили, что метод аналогии как метод познания и творчества может успешно применяться на всех этапах творческого процесса создания изобретения: при выявлении и прогнозировании общественных потребностей, определении уровня развития техники, постановке проблемной задачи, поиске и реализации решения. Некоторые из операций процесса решения технической проблемной задачи имеют преимущественно репродуктивный характер, другие — преимущественно творческий. Наиболее ярко творческий характер решения технической задачи проявляется при генерировании догадок, выдвижении гипотетической технической идеи, нахождении принципа решения. Именно эти операции и обуславливают оригинальность, эффективность, качественный уровень технического решения.

Для исследования эвристических возможностей аналогии в практике технического творчества необходимо остановиться на рассмотрении типологии эвристических средств и выявить их основные взаимосвязи.

Элементарными единицами системы эвристических средств поиска решения проблемной задачи являются методическое правило и методический принцип. Принцип содержит одну из следующих модальностей высказываний или указаний: выполнение действия, невыполнение действия, приказание действия, неприказание действия, разрешение действия или неразрешение действия. Несколько правил, выполняемых с целью достижения общей цели, представляют собой эвристический прием. Эвристическим приемом становится любой методический прием, обладающий эвристической функцией генерирования новых идей.

В литературе часто одно и то же эвристическое средство разные авторы называют приемом, методом, методикой, программой, алгоритмом, поэтому целесообразно выявить значения этих терминов в эвристике. Метод, методика и программа являются ступенями развития приема. Метод представляет собой методический прием или совокупность приемов, сформулированных с соблюдением целеустремленной упорядоченности правил, определяемых строением науки.

Эвристический метод характеризуется следующими свойствами:

а) имеет форму указания или разрешения. Следует учесть, что в первом случае обязательно указать последовательность выполнения операции хотя бы в два ранга (некоторые операции могут иметь одинаковую ранжировку), в последнем случае последовательность операций не является необходимой;

б) содержит хотя бы одно предписание, которое само представляет проблему;

в) содержит по крайней мере одно предписание, не выполнимое схематическими репродуктивными операциями, т. е. требующее творческого подхода;

г) содержит не менее одного предписания, требующего проведения поиска конкретного объекта;

д) не является жестким алгоритмом.

Если под эвристическим процессом понимать процесс поиска решения конкретной проблемной задачи, то эвристический метод представляет собой модель этого процесса в виде метода. Из этого вытекает, что для эвристического метода принципиально нельзя определить класс проблем, для решения которых метод является адекватным.

Дальнейшей ступенью развития эвристического метода является эвристическая

методика. Эвристическая методика — это метод, обогащенный ориентирующими исходными принципами, представляющими собой основание системы эвристического поиска и распространяющимися на все ее элементы. Методики могут включать в себя несколько методов, предназначенных для достижения общей цели.

В наиболее развитой ступени методика превращается в программу, представляющую собой упорядоченное множество программных предписаний. Программы можно разделить на алгоритмические и эвристические. Первые обладают массовостью применения, жесткой детерминированностью выполняемых процедур и полной гарантированностью достижения решения в каждом отдельном случае применения. Для решения творческих задач алгоритмов в принципе не может существовать. Любые частные задачи, для решения которых найден алгоритм, превращаются в тривиальные, нетворческие задачи.

Эвристические программы в настоящее время охватывают огромный класс программ, который можно разделить на два подкласса. Эвристические программы стохастического типа представляют собой формализованные программы случайного поиска, не гарантирующие достижения решения в каждом отдельном случае. Собственно эвристические программы (эвристики, или эврисмы) содержат хотя бы один неформализованный шаг, требующий осмысливания содержания.

Прогрессивными и перспективными являются так называемые эвритмы, состоящие из алгоритмической части и эврисма (эвристики).

При поиске решения изобретательских задач возможны два случая: а) для решения конкретной задачи возможно наличие еще неизвестного алгоритма, б) для решения конкретной задачи наличие алгоритма принципиально невозможно или маловероятно. В первом случае задачи сводятся к поиску алгоритма, во втором — к поиску конкретного решения.

Эвристические средства поиска решения конструкторско-изобретательских задач представляют собой изменяющиеся способы решения проблемных задач. В принципе каждое изобретение и каждое научное открытие являются уникальными явлениями и создаются каждый раз новыми или модифицированными эвристическими средствами, хотя последние могут содержать инварианты по сравнению с ранее применяемыми средствами.

Эвристические средства поиска решения изобретательско-конструкторских задач создаются путем:

а) теоретического осмысливания и обобщения творческого опыта великих и успешно работающих изобретателей, с учетом как положительного, так и отрицательного их опыта;

б) целеустремленного конструирования эвристических средств для конкретной проблемной задачи до начала ее решения;

в) моделирования проблемной ситуации и процесса поиска в виде эвристических средств в процессе поиска решения конкретной проблемной задачи;

г) обобщения и описания методического опыта решения конкретной проблемной задачи после успешного ее решения.

В изобретательской практике лишь небольшое количество изобретателей ведут творческий поиск, применяя без изменений готовые, известные в методике технического творчества эвристические средства. Большинство плодотворно работающих изобретателей известные эвристические средства видоизменяют и модифицируют по своему усмотрению, руководствуясь при этом собственным творческим опытом, личным складом мышления и особенностями задачи. Вне всякого сомнения, последний подход обладает рядом преимуществ, он исключает возможность превращения методического средства в «прокрустово ложе» для творческого ума. Следует

отметить, что последняя опасность возникает только при использовании конкретизированных эвристических средств. Чем более общей природой обладают эвристические средства, тем большими эвристическими возможностями они обладают и тем менее возникает опасность ограничительного воздействия применяемого средства. Категориальный аппарат диалектики обладает наиболее выраженными эвристическими свойствами и в принципе из-за своей всеобщности не может стать «прокрустовым ложем», для творчества. Однако для практической творческой деятельности область поиска целесообразно оптимально ограничить. Эту задачу выполняют частные эвристические средства, выбираемые с таким расчетом, чтобы они, с одной стороны, оптимально конкретизировали область поиска, а с другой — оптимально расширяли рутинное пространство известных решений.

Следует отметить, что творческий процесс изобретательства всегда содержит достаточное количество нетворческих, схематических операций, выполнение которых целесообразно формализовать хотя бы простейшими средствами.

Таксономия эвристических средств поиска решения творческих задач еще не разработана. Объясняется это сложностью феномена творчества и постоянным развитием и модификацией эвристических средств. Выше уже была дана иерархическая классификация эвристических средств по критерию их ступенчатого развития — правило, метод, методика, программа (алгоритм, эврисм, эвроритм). Внутри этих ступеней в настоящее время по отдельным видам творчества для строгой и исчерпывающей логической классификации не имеется достаточно данных. Поэтому вместо строгой классификации обычно пользуются эмпирическими перечнями эвристических средств по видам творчества: в литературе, науке, изобретательстве, конструировании и т. п.

Так как наиболее распространенными методическими средствами технического творчества являются эвристические приемы, то интерес представляет их классификация. В нашу задачу входит классификация не всех эвристических приемов, а только эвристических приемов аналогии, применение которых в техническом творчестве оказалось оправданным.

ЭВРИСТИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ АНАЛОГИИ

Под функцией в технике понимают способность технической системы внешне проявлять свои свойства в данной системе отношений. Учитывая, что целью создания любых технических средств является функциональное удовлетворение потребностей, функции технических объектов являются определяющими по отношению к конструкции, материалу и форме объектов. Функции и структура технического объекта находятся в отношениях диалектической взаимосвязи. Эта взаимосвязь является основанием для применения функционально-структурных аналогий, т. е. выводов об аналогичности структур на основе аналогии функции и наоборот — применение структурно-функциональных аналогий. При кибернетическом подходе преимущественно применяется функционально-структурная аналогия, при системном подходе — структурно-функциональная, в изобретательском поиске — функциональная, хотя и первые две разновидности встречаются достаточно часто. Аналогия функциональных отношений между сравниваемыми объектами обычно определяется по однородности функций. Для этого наиболее часто при решении задач в технике применяются перечисленные ниже приемы эвристической аналогии.

Перенесение объектов природы в технике по функционально аналогичному назначению: гальки для метания, шипы для протыкания, меч пилы-рыбы для пиления, навоз для удобрения.

Перенесение объектов природы в технике с выявлением скрытых функциональных свойств: навоз как связывающий материал для построек, пепел навоза как бе-

лила, исландский мох как лекарство, серебро как электропроводник.

Построение по прототипам живой природы функционально аналогичных структур в технике: прибор «ухо медузы» для предсказания шторма, звуковой аппарат летучих мышей — эхолот.

Перенесение технического объекта в другую область для выполнения аналогичных функций: способ задания входной информации от станков с программным управлением к автоматическим чертежным устройствам.

Перенесение технического объекта в другую область для аналогичных функций с возложением дополнительных репрезентативных функций: дубина — скипетр, шапка — корона, пальто — почетная мантия.



Протезирование — замена элемента технического объекта или органа живого организма функционально аналогичным техническим устройством, особенно в случаях, когда тождественная замена запчастями или регенерация органов невозможны: протезы ног И. П. Кулибина, искусственные хрусталики глаз, протезы кровеносных сосудов и слуховых косточек, ходули (рис. 18).

Замещение технического объекта или его элементов функциональными эквивалентами: замена традиционного способа уплотнения формовочной смеси на эквивалент — уплотнение заливкой под давлением.

Эмпатия — персонифицированное представление себя в роли технического объекта с эмоциональным описанием функций объекта от первого лица с целью выявления причин функциональной недоста-

точности и генерирования догадок по ее устранению, например, представление конструктором себя в роли моста.

Рис. 18. Эвристический прием функциональной аналогии посредством протезирования: - ходули

ЭВРИСТИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ СТРУКТУРНОЙ АНАЛОГИИ

Под структурой технической системы понимают строение и внутреннюю форму организации системы, конструктивное единство устойчивых взаимосвязей между ее элементами. Аналогия структур проявляется в трех основных видах — изоморфизме, гомоморфизме и гомологии (анalogии общего принципа). При объединении элементов в целостную структурную систему ее свойства оказываются отличными от суммы свойств объединенных элементов. Именно это отличие и определяет предмет изобретения. При определении и использовании аналогии структур целесообразно помнить о диалектической взаимосвязи структуры и функции. Наиболее эффективно в техническом творчестве применяются следующие основные приемы структурной аналогии.

Подражание в технике биомеханическим структурам природы: строение В. Г. Шуховым многоярусных башен по прототипу стебля растения.

Подражание биохимическим структурам: искусственный хлорофилл, мочеви́на, пенициллин, хинин.

Подражание биоархитектурным структурам: сотовые стены и радиаторы по прототипу пчелиных восковых сот.

Подражание палеобионическим структурам, не получившим дальнейшего развития вследствие естественного отбора: буровая коронка по прототипу зубов вымерших ящеров,

Подражание структурам неорганической природы: молекулярные сита для раздела нефти по прототипу структуры природных камней-неолитов.

Подражание структурам технических объектов прошлого (приемы прецедента, реминисценций, старого следа, эвристического витка, музейного эксперимента) : паровая кастрюля Д. Папена по прототипу котла для варки пищи древнегреческого врача Филумена Александрийского.

Реинтеграция — создание сложного технического объекта по структурной аналогии с простым объектом или деталью: судно для укладки кабеля в море по прототипу ткацкого челнока.

Перенесение структурного прототипа в другую область для выполнения аналогичных функций: строительный краскораспылитель для ретуши фотографий.

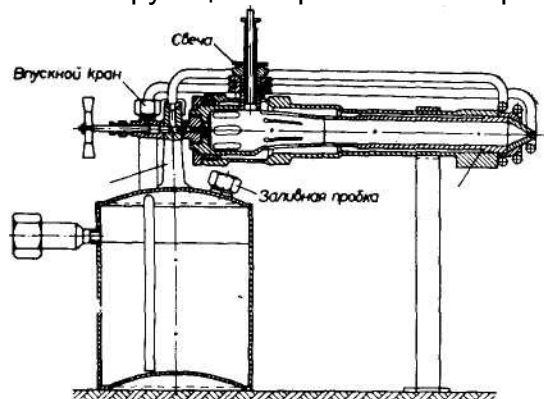


Рис. 19. Эвристический прием структурной аналогии; ракетный двигатель ОР-1 Ф. А. Цандера

Перенесение структурного аналога в другую область для выполнения отдаленно аналогичных целей: ракетный двигатель ОР-1 Ф. А. Цандера по прототипу паяльной лампы (рис. 19).

ПРИЕМЫ ЭВРИСТИЧЕСКОЙ АНАЛОГИИ ВНЕШНЕЙ ФОРМЫ

Внешняя форма технических объектов определяется разными факторами: функциональными и структурными особенностями объекта, видами материалов, эстетическими и эргономическими требованиями, традициями, модой и т. п.

Обеспечением оптимальной внешней формы технических объектов занимаются в настоящее время не только изобретатели и конструкторы. Серьезные проблемы в этом аспекте решают такие специализированные направления в техническом творчестве, как инженерно-психологическое и художественное конструирование.

К сожалению, изобретатели, за редким исключением, работают без контактов с упомянутыми специализированными службами и, как правило, без достаточных знаний в области формообразования технических объектов. Более того, многие изобретатели считают, что они должны руководствоваться только технической целесообразностью, а вопросы формы являются областью модельеров и сапожников. Другие принципиально признают красоту вещей необходимой, но считают, что функционально совершенный технический объект является автоматически совершенным и с эстетической точки зрения. Художники-конструкторы сменили старый украшательский подход на значительно более совершенный функциональный подход в художественном конструировании и могут похвалиться несомненными успехами. К сожалению, функциональный подход, как правило, под силу художнику-конструктору при создании простых бытовых вещей и известных технических решений. В проектах сложной техники нередко обнаруживаются элементы старого украшательского подхода.

Обеспечение качественно высокого уровня техники на современном этапе возможно лишь при комплексном подходе к техническому творчеству и совместном участии в творческом процессе от начала и до конца его изобретателей, специалистов технического, художественного и инженерно-психологического конструирования.

Благотворное влияние на этот процесс может оказать и умелое использование аналогий внешнего вида, внешней формы, фактуры, текстуры, композиционных средств. Для этой цели можно использовать ряд проверенных на практике приемов.

Биоморфизация (антропоморфизация, зооморфизация, авиаморфизация, аналогия с внешней формой растений) заключается в подражании в технике внешнему виду объектов живой природы: андроиды Птолемея Филадельфийского, швейная машина «Дельфин» Д. В. Кларка, браслет в форме змеи (рис. 20), зажимы для пла-

тья в виде птичьей головки, фруктовая ваза К. Яманага в форме цветка сливы.

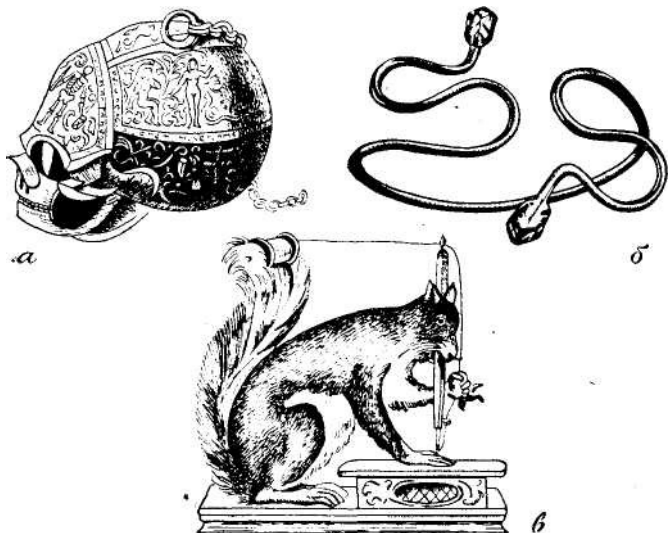


Рис. 20. Эвристический прием аналогии внешней формы путем биоморфизации техники: а — часы (циферблат открывается при поднятии верхней части черепной коробки); б — античный браслет в виде змеи; в — швейная машина «Белка» Э. Б. Эллиторпа.

Имитация внешнего вида объектов природы с целью создания видимости тождества — военная маскировка, охотничьи приманки, куклы.

Имитация традиционного технического объекта с целью придания видимости общественной ценности: имитация драгоценностей, отделка поверхности «под орех», электросвечи для елочных украшений, содержащие легкокипящую жидкость для имитации эффекта горения.

Псевдоморфизация технического объекта по аналогии с внешней формой другого объекта с целью создания ложного впечатления: оружие в виде тросточки, авторучка в виде сигареты, радиоприемник в виде бумажника.

Копирование формы объекта: гальванопластика, тиснение, штамповка, трафареты, мимеограф.

Отображение специфических внешних форм одного объекта другим: иконоскоп, зеркало, перископ, калейдоскоп, рефлекторный телескоп В. Гершеля, экраны для отображения электромагнитных колебаний.

Подражание отделке, покраске, фактуре, текстуре, членению других технических объектов.

ЭВРИСТИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ СУБСТРАТНЫХ АНАЛОГИЙ

Субстратом называют материальную основу единства, однородности различных предметов и их свойств. Субстратные аналогии появились у древнегреческих мыслителей. Фалес Милетский считал, что все образуется путем превращения воды и с помощью аналогии перенес свои наблюдения на мировое целое. Анаксимен предполагал, что мировым субстратом является аналог, подобие воздуха. В науке субстратные аналогии появились исторически раньше структурных и функциональных. В технике субстратом являются вещества, материалы, находящиеся в отношениях взаимосвязи и взаимозависимости от формы: материал определяет форму технического объекта и наоборот.

Техническому творчеству в области материалов принадлежит важная роль в техническом прогрессе. Не без основания целые эпохи называются по наименованию основных материалов, применяемых в технике: каменный век, бронзовый век, железный век, век синтетических материалов.

Известная роль в этом аспекте принадлежит удачному использованию аналогий материалов, которая осмысливается посредством перечисленных ниже основных приемов.

Создание искусственных материалов по аналогии с естественными: маргарин по аналогии с маслом, синтетические красители.

Имитация более дорогих материалов: имитация драгоценных камней, шелка, кожи, мрамора.

Стандартизация и унификация материалов путем приближения к тождественности с эталоном; стандартизованное молоко с определенным процентом жира - согласно эталону.

Замещение дефицитных и дорогостоящих материалов их более дешевыми и доступными эквивалентами: замена цветных металлов пластмассами.

Перенесение материалов в другую область по аналогии побочных свойств: пищевой маргарин для изготовления свечей, текстильная краска протозил как лекарство (стрептоцид).

Замещение вспомогательных материалов и добавок их эквивалентами: замещение консервантов, антиокислителей, ароматических веществ, стабилизаторов, созревателей, красителей, ферментов, катализаторов.

ЭВРИСТИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ АНАЛОГИИ ОТНОШЕНИИ

Отношением является одна из форм, один из необходимых моментов всеобщей взаимосвязи предметов и явлений. Отношения предметов и явлений исключительно многообразны, но вследствие материального единства и всеобщей связи объектов отношения часто бывают аналогичными. В техническом творчестве интерес представляют обычные виды отношений: причина — следствие, часть — целое, часть — часть, подчинение — соподчинение, аргумент — функция, а также отношения порядка, последовательности, синхронности, пропорциональности, масштабности и т. п. Некоторые аналогии отношений можно использовать в процессе поиска новых технических решений.

Стандартизация отношений размеров: золотое сечение, ритмическое членение объектов, симметрия композиции объекта.

Масштабное копирование технических объектов: а) увеличение — нож и сабля, б) гиперболизация — воздушный баллон и цеппелин, в) уменьшение — свая и гвоздь (рис. 21), г) миниатюризация — резец и микрорезец.

Миниатюрное цельное моделирование: модели мостов и гидростанций.

Макетирование: макет журнала.

Применение темплетов: объемная модель станка для экспериментальных целей.

Партикулярное моделирование частей оригинала: построение сложных поверхностей инструмента.

Математическое моделирование: электроаналогия физических явлений.

Идеализация: создание мысленного эталона-аналога с выбранными максимальными, минимальными или оптимальными отношениями.

Рис. 21. Эвристический прием аналогии отношений путем масштабного копирования технического объекта: измеритель пути Фернеля 1552 г. как прототип курвиметра.



Применение семантических аналогий: метафор, синекдох, метонимий, аллегорий, ассоциаций, синонимов. Применение аналогий причинно-следственных отношений, отношений порядка, последовательности, числа, времени.

Приведенные разновидности эвристических приемов аналогии в техническом творчестве не являются исчерпывающими. Теоретически можно себе представить и другие, однако их эффективность в творческом процессе не выявлена. По этой причине строгая логическая классификация всех эвристических приемов в техническом творчестве в настоящее время невозможна. Следует отметить, что многие из упомя-

нутых приемов имеют модификации.

Изобретательская практика убедительно показала, что аналогия позволяет осмыслить проблемную ситуацию путем описания неизвестного, искомого в известных аналогичных понятиях, поставить изобретательскую задачу, используя аналогии известных типов задач; находить догадки решения по аналогии с решениями аналогичных задач; выдвигать смелые гипотезы путем использования отдаленных аналогий; переносить решение по аналогии в другую область. Способность к аналогизированию — одна из важнейших предпосылок эффективности творческого труда изобретателя. Изобретателем становится тот, кто видит аналогии формы и материала объектов, хорошим изобретателем — тот, кто видит аналогии функций и структуры, наилучшим изобретателем — тот, кто усматривает аналогии отношений и пропорций, и великим изобретателем — тот, кто усвоил диалектику аналогизирования в процессе трансформации проблемной ситуации с помощью эвристических свойств.

С древнейших времен известно успешное применение метода аналогии в решении изобретательских задач. Однако известно, что далеко не всегда аналогизирование приводит к успеху в изобретательстве. Зачастую именно очевидные аналогии не приводили изобретателей к успеху. К таким неудачным решениям можно причислить локомотив Брентона, имеющий четыре ноги по аналогии с лошадью, пароход Дж. Фитча, оборудованный механическими веслами, имитирующими действия лодочника. В XVIII веке существовало представление, что условия плавания аэростатов в воздухе аналогичны с условиями плавания морских судов. Однако аэростаты Д. Артура Массэ и Христиана Крамба с двумя веслами, аэростат Миолана и Жанины с рулем в виде хвоста рыбы, аэростат Мартина с парусом над корзиной оказались неудачными решениями.

На основе рассмотрения фактов, подобных приведенным, некоторые специалисты склонны отрицать эвристические свойства аналогии в техническом творчестве, особенно аналогии техники с природой. Отрицание обосновывается тезисом, что в технике все должно быть иначе, чем в природе: самолет летит не так, как птица, пароход плавает не так, как рыба, локомотив бежит не так, как лошадь. Поскольку подобные утверждения легко в их общей форме опровергаются примерами удачного применения аналогий в изобретательстве, следует заключить, что в ряде случаев аналогия применяется успешно, в других — нет. Естественно предположить, что существуют правила правомерности (применения аналогии в творческом поиске изобретателя, соблюдение которых может повысить вероятность получения удачных решений).

Правомерность выводов по аналогии исследовалась многими специалистами логики. Наиболее четко правила правомерности выводов по аналогии на основе многолетних исследований сформулировал А. И. Уемов [80—82]. Эти правила установлены и пригодны только как правила достоверности выводов, а не как правила эвристичности аналогизирования. Правила эвристичности аналогизирования в творческом поиске, творческом воображении, творческом диалоге, научном прогнозировании могут быть выражены в виде постулатов, допущений без строгих доказательств в рамках дедуктивно построенной теории технического творчества, иногда парадоксальных, на первый взгляд противоречащих правилам правомерности доказательных выводов по аналогии, однако практически полезных в большинстве проблемных ситуаций.

По поводу эвристичности аналогии можно сделать следующие выводы:

Эвристическая, аксиологическая и гносеологическая функции аналогии не являются независимыми, а образуют диалектическое единство; каждая из них предполагает другую и ее взаимно дополняет.

Условия эвристичности аналогии можно выразить в виде постулатов, обладающих известными свойствами эвристик (эврисмов).

Некоторыми постулатами эвристичности аналогии являются следующие:

а) чем более полна аналогия между сравниваемыми объектами, тем менее оригинальным является вывод; чем менее полна аналогия между сравниваемыми объектами, тем более оригинальным является вывод;

б) чем более близка аналогия между сравниваемыми объектами, тем более тривиален вывод, чем более отдалена аналогия между сравниваемыми объектами, тем более оригинален вывод;

в) эвристичность или тривиальность вывода непосредственно не зависит от существенности, а от степени известности аналогии;

г) аналогия второстепенных и побочных, на первый взгляд, свойств и отношений объектов часто обладает высокой степенью эвристичности, что объясняется раскрытием в процессе аналогизирования ранее незамеченной существенности аналогии;

д) чем более общие свойства и отношения используются в процессе аналогизирования, тем большее пространство поиска новых идей можно использовать;

е) аналогия между особым и общим случаем более эвристична по сравнению с аналогией между особыми случаями;

ж) чем больше разнообразность классов, к которым принадлежат аналоги, тем более оригинальным является вывод;

з) всякий новый объект в определенном отношении: аналогичен старому (для всякого нового объекта существует прототип).

Мир аналогичен самому себе и своему отражению в сознании в целом и по частям. Солнце и звезды отражаются в крапинках росы на лепестках гвоздики. Луна, резвый мотылек и величественная пирамида Хеопса бросают тень по аналогичным законам. Все, что существует и существовало, оставляет следы. Следы-отпечатки на предметах, на земле, планетах и астероидах, следы в памяти, следы в кибернетической машине, следы материальные и нематериальные. След зверя на таежной тропинке, окаменелый отпечаток скелета доисторического летающего ящера, след ноги астронавта на лунном грунте, след-затемнение на фотопластинке Беккереля, след карандаша конструктора на листе ватмана — все это аналоги определенных объектов, обладающие выраженной гносеологической и эвристической функцией. Дело человека в этом удивительно аналогичном мире увидеть и понять аналогии, осмыслить и использовать их для его познания и творческого преобразования в целях совершенствования самого себя как общественного существа.