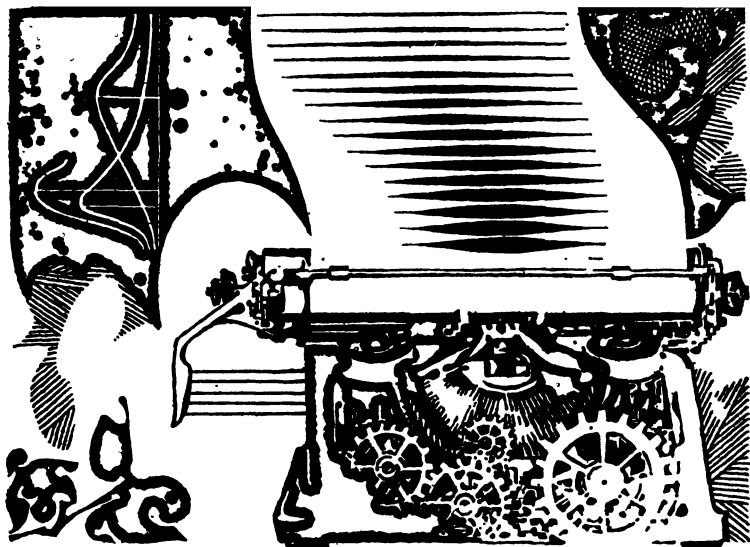


Народный университет
Естественнонаучный факультет

Издается с 1961 г.



ЧИСЛО И МЫСЛЬ

выпуск **3**

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЗНАНИЕ», Москва 1980

ББК 22.1
Ч-67

Ч-67 Число и мысль. Сборник. Вып. 3.— М.: Зна-
ние, 1980.— 192 с., ил.— (Народный универ-
ситет. Естественнаучный фак.)

55 к.

100 000 экз.

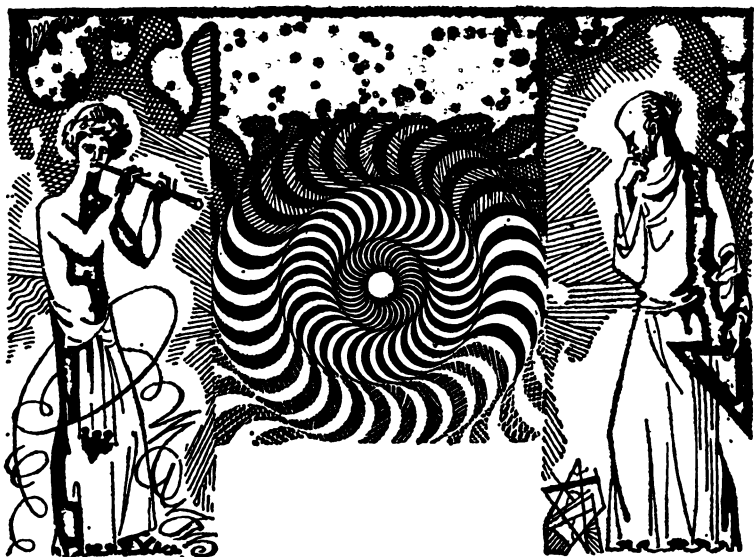
В книге рассматриваются проблемы использования математических методов при анализе произведений искусства и художественном конструировании.

Какова история применения математики в искусстве — от Пифагора до наших дней? Можно ли сочинять музыку с помощью ЭВМ? Какова роль математики в эстетике современной архитектуры и дизайна? На эти и другие вопросы читатель найдет ответ в книге.

Она может служить пособием для слушателей народных университетов естественнонаучных знаний и будет интересна широкому кругу читателей.

Ч $\frac{20201 - 017}{073(02) - 80}$ **54—80** **1702010000**

ББК 22.1



Б. В. Бирюков,
доктор философских наук

С. Н. Плотников,
доктор философских наук

ХУДОЖЕСТВЕННАЯ КУЛЬТУРА И ТОЧНОЕ ЗНАНИЕ

Проблема взаимоотношения математики и связанных с нею наук (математического естествознания, логики и др.) с художественной культурой — именно этой проблеме посвящен третий выпуск сборника «Число и мысль» — на наших глазах становится все более актуальной. На страницах печати, в устных дискуссиях не прекращается обсуждение различных ее сторон. Это вызывается углубляющейся разработкой тем «естественное и/или искусственное», «эвристическое и/или алгоритмическое», «человеческое и/или машинное», которые не перестают волновать специалистов, широкие круги общественности. При разработке этих тем на переднем плане часто оказывается искусство — как самое личное,

самое человеческое, самое естественное явление, резко противостоящее машинному, искусственному, автоматическому. Именно вопросы эстетики, культуры и искусства, рассматриваемые с точки зрения применения в них средств математики, логики, естествознания, кибернетики, оказываются наиболее трудными для научного анализа. Не удивительно, что споры вокруг них нередко завершаются тем, что участники дискуссии сохраняют свои взгляды: сторонники «несводимости» эстетического к естественнонаучному, математическому, формально-логическому остаются при убеждении, что искусство неподвластно формально-математическим схемам, поборники же «панматематизма» продолжают надеяться на то, что эта пока не подвластная им твердыня — искусство будет когда-нибудь ими полностью завоевана.

В чем причина столь малой результативности дискуссий, говоря словами Пушкина, об «алгебре и гармонии»? Что к настоящему времени фактически получено в применении точных методов к эстетике, к художественной культуре? Каковы перспективы приложения математико-логических средств, идей и аппарата кибернетики, достижений естественнонаучного знания в сфере прекрасного — для его анализа и созидания? Исчерпывающие ответы на эти вопросы дать сейчас вряд ли возможно. В литературе, как отечественной, так и зарубежной, нашел освещение ряд аспектов упомянутой проблематики (см., например, исследования [1—3], переводные работы [4—6], а также вступительные статьи и послесловия к ним); различным темам, входящим в проблему «искусство и число», посвящены статьи в настоящем сборнике. Все эти материалы дают представление о том, в каком направлении происходит поиск ответов на сформулированные выше вопросы. Не будем останавливаться на различных точках зрения, которые в связи с этим выдвигаются. Сосредоточим внимание на историко-методологической стороне дела, которая четко демонстрирует динамику проблемы «алгебры и гармонии».

Искусство и научная строгость

Декарту принадлежат слова: «Всякая наука заключается в достоверном и очевидном познании» [7 с. 81]. Нетрудно видеть, что в этом смысле — в смысле достоверности, очевидности знания — всякая наука строга и объективна. Однако нередко, говоря о той или иной степени строгости или точности, отличают это свойство от просто объективной истинности; это значит, что с терминами «строгость», «точность» в этом случае связывается нечто, отличное только от объективности.

Попробуем разъяснить смысл этих терминов, опираясь на некоторые тенденции научного развития.

Строгость, точность непосредственно зависят от используемого языка. Она повышается по мере введения развитой терминологии, вспомогательных систем знаков, создания символических языков типа языков нынешней математики. Роль последней для других областей науки как средства придания им большей строгости в значительной степени связана с тем, что математика является для этих областей источником точного языка. При этом точность языка означает следующее: язык точен, если он обладает четкими, однозначно понимаемыми правилами образования осмысленных выражений (в этом языке), столь же четкими правилами, определяющими допустимые трансформации осмысленных (правильно построенных) выражений языка и лишенными неясностей «правилами смысла», позволяющими устранять многозначность выражений, неопределенность связываемого с ними содержания.

Точность науки, далее, естественно связывать с наличием средств количественной оценки изучаемых в ней явлений, которые выражаются определенными измеримыми величинами; последние при этом служат раскрытию содержательно-качественных сторон изучаемых объектов. Это связано с самой сутью математических методов, с помощью которых, используя специально создаваемый знаковый аппарат, вводятся в рассмотрение сети абстрактных объектов, позволяющие выявлять не только количественные, но и качественные закономерности исследуемых явлений. Какие плоды подобная практика принесла в естествознании — математическом естествознании — хорошо известно. Очевидно, что в случае художественной культуры возможность

выявления благодаря применению точных методов неизвестных ранее качественных сторон изучаемых объектов представляет громадный интерес.

Наконец, строгость и точность в науке означают реализацию определенных требований к исходному фактическому материалу. Материал этот должен быть достоверным и достаточно полным; следует добиваться наибольшей возможной в данных условиях определенности понятий, исключать всякого рода субъективные моменты, умозрительность, неопределенность в описаниях. Конечно, это требование нелегко реализовать. Именно в нем — а не в применении того или иного математического аппарата или в подыскании численно оцениваемых величин для тех или иных явлений художественной культуры — зачастую состоит наибольшая трудность. В ответ на потребность в ее преодолении и возник системно-структурный подход, который после появления кибернетики во многом принял форму системно-кибернетического подхода. Этот подход вносит немаловажный вклад в реализацию требований «строгости», «точности» культуро-эстетических исследований. Он способствует большей четкости понятий. Выявляя информационный аспект исследуемой системы, он влечет за собой введение соответствующих количественных критериев, создает условия для систематизации и осмысления фактического материала художественной культуры, для выработки различных языков описания, т. е. для перехода к этапу математической (и логико-математической) формализации.

Системно-кибернетический (и структурно-функциональный) подход непосредственно связан с семиотическим (логико-семиотическим) анализом культуро-эстетических объектов. Последний состоит не только в разработке языков описания. Сами эти объекты естественно трактовать как совокупность определенных знаковых, «языковых» систем. В целом следует подчеркнуть, что идеи и средства семиотики в науках об искусстве (включая художественную литературу) являются одним из эффективных путей проникновения в них стиля мышления, отвечающего идеалу строгости и точности.

Описанные черты точных методов в исследованиях культуры и искусства находят техническое воплощение в разнообразных формах автоматизации искусство-

ведческих процессов и — как следующая надстраиваемая над ними ступень — определенных аспектов и этапов самого процесса творчества (например, в музыке). Тут «проблема точности» выходит, так сказать, «на ЭВМ» — мотив, объединяющий широкий круг работ в области синтеза «алгебры и гармонии».

Здесь уместно обратить внимание на то, что использование точных методов и вычислительной техники в искусстве не имеет своей целью ни «замену исследователей», ни «замену творцов». Разговоры об этой угрозе, которые еще можно подчас услышать, не имеют под собой оснований. Целью упомянутых работ является расширение возможностей человека — ученого и художника — в изучении феноменов искусства и в созидании культурных ценностей.

Из истории точных методов в исследованиях художественной культуры

Развитие идей, касающихся применения точных методов в исследованиях культуры и искусства, напоминает ветвистое «древо познания», корни которого уходят в далекое прошлое. Идея о взаимосвязи сферы искусства и области математических соотношений относится к числу тех, которые, однажды возникнув — возникнув в античной древности, — на протяжении веков возгорают и притухают, меняют облик и формы, направления развития. Каждая эпоха, будь то времена греко-римской цивилизации, средние века, эпоха Возрождения или XX век, оставляют на ней свою отметину, вносят долю нового знания во всегда животрепещущую, манящую своей глубиной проблему противоречивого единства «алгебры и гармонии».

Первые шаги науки об искусстве были в то же время и первыми поисками принципиальной возможности приложения точных наук и прежде всего математики к, как мы сказали бы теперь, искусствоведческой проблематике. Как и во многих других областях, античность стала той почвой, на которой выросла идея связи искусств с естественно-математическим знанием. Уже школа Пифагора, сформулировавшая в качестве фундаментального принцип «числа — первое во всей природе» [8, с. 76], искала его применение и в теории искусства, а именно в анализе музыки. Пифагорейцы пытались

раскрыть характер взаимоотношений между музыкальными звуками и выразить их числами. И если их истолкование музыки как эстетического явления (музыка как отражение математической стройности небесных сфер) носило полумистический характер, то в «прикладной эстетике» пифагорейские идеи носили вполне конструктивный характер: высказанное ими положение о связи высоты звука с частотами колебаний струны и попытки измерения этого явления послужили, как известно, исходным пунктом развития акустики.

Каждая большая эпоха по-новому выдвигала проблему связи искусства и естественно-математического знания. Эпоха Возрождения породила титанов, соединивших в одном лице искусство и науку. Одним из них был Леонардо да Винчи. На искусство он смотрел не только глазами художника-творца, но и взором естествоиспытателя, инженера, математика, провозглашая: «Никакой достоверности нет в науках там, где нельзя приложить ни одной из математических наук, и в том, что не имеет связи с математикой»; «Тот, кто хулит высшую достоверность математических наук, питается сумбуром и никогда не заставит умолкнуть возражения софистических наук — наук, которые учат лишь вечному крику» (трактат «Об истинной и ложных науках», см. [9, с. 176]). А вот взгляды другого представителя художественной культуры того же времени — поэта Ж. Дю Белле. Обращая свой взор к будущему поэту, этот деятель искусства эпохи Возрождения видит в нем человека, компетентного «во всех общепризнанных искусствах и науках, главным образом естественных и математических» (цит. по кн. [10, с. 232]).

Идея единства искусства и математики в ту эпоху уже принимала конкретные формы и именно этим увлекала некоторых деятелей искусства. В качестве примера можно указать на Луку Пачоли, автора книги «О божественной пропорции», в которой, по существу, содержался закон «золотого сечения» (этот закон был известен также Леонардо), вновь привлечший внимание исследователей в XIX в. [11]. Энтузиастом «математического направления» в изобразительном искусстве был А. Дюрер. Познакомившись с трактатом венецианца Якобуса, в котором были изложены каноны пропорций человеческого тела, он в Италии старался изучить этот вопрос; разработав, отправляясь от Якобуса к римского

автора Витрувия, систему пропорций мужского и женского телосложения, он начал преподавать новую, важную для рисунка и живописи дисциплину в Германии и написал трактат «Четыре книги о пропорциях». В других работах он подверг изучению математическую природу перспективы (см. [12]).

От Античности через эпоху Возрождения цепь идей, касающихся взаимосвязи «алгебры и гармонии», приводит к Новому времени, когда появляются такие фигуры, как Лейбниц, который размышлял об эстетических феноменах, учитывая их математический аспект. Для творцов данной эпохи эти идеи подчас выступали частью художественных исканий, связанных с понятием красоты; они служили источником находок, получавших отражение как в творческой практике деятелей искусства, так и в искусствоведческих работах.

Исторические периоды Античности, Возрождения и Нового времени послужили обоснованию принципов альной возможности подхода к искусству с позиций точного знания. Дальнейшее развитие шло в нескольких направлениях, поскольку наука об искусстве постепенно дифференцировалась. Из общей установки о возможности анализа художественной культуры методами точных наук — математики и математического естествознания — вырастали отдельные области исследований. Одной из ветвей искусствоведческих изысканий, с которыми оказалось связанным применение приемов точного анализа, стало социологическое изучение феноменов искусства, включая литературу. Мы можем отчетливо проследить эту линию, присутствующую уже в книге «О литературе, рассматриваемой в связи с общественными установлениями» (1800 г.) А. Л. Ж. де Сталь, вплоть до современных конкретных социологических исследований культуры, в частности, в применении к материалу той же литературы. Ныне эта линия выливается в направление все более широкого использования в социологическом анализе художественной культуры математического моделирования и электронных вычислительных машин.

Другая ветвь — психологические исследования в сфере искусства, художественной культуры, начиная с появившихся в последней трети прошлого века работ Г. Т. Фехнера, также осваивает количественные методы. Фехнер считал необходимым

в противовес эстетике «сверху» — под таковой он подразумевал философско-эстетические концепции Шеллинга, Гегеля и отчасти Канта — построить эстетику «снизу», опирающуюся на эмпирические исследования и устанавливающую тесную связь со смежными и в первую очередь естественными науками. И хотя интересных результатов для искусствоведения «экспериментальная эстетика» Фехнера поначалу не принесла, так как была в большей мере психологическим, нежели эстетическим направлением (Фехнер изучал специфику восприятия предметов различной формы), его работы произвели впечатление в научных кругах и вызвали живой интерес в мире художественной культуры, в том числе, как мы увидим, и в России. Наконец, еще одно направление или ветвь рассматриваемого нами «древа» — это филологические исследования и в первую очередь текстология, которая также обратилась к точным методам исследования.

Очерченными направлениями далеко не исчерпывается «линия точности» в развитии культуро-эстетической мысли; самостоятельную область составляло, например, музыковедение, где еще в XVII в. начали разрабатываться методы «автоматической композиции» (Афанасий Кирхер). Р. Х. Зарипов, специально занимавшийся этим вопросом, отмечает, что многочисленные попытки сочинять музыку «немузыкальными» средствами делались уже в XVIII в. В то время получила распространение музыкальная игра с игральными костями. Ею увлекались такие композиторы, как Гайдн и Гендель; случайно выпадавшие на костях очки использовались для складывания мелодий. В 1757 г. вышло сочинение Кирнбергера «Руководство к сочинению полонезов и менуэтов с помощью игральных костей», а позже — много раз переиздававшееся «Руководство, как при помощи двух игральные кости сочинять вальсы в любом количестве, не имея ни малейшего представления о музыке и композиции», которое приписывается Моцарту [13]. Так задолго до ЭВМ математические приемы применялись в музыке.

Все эти направления исследований художественной культуры в дальнейшем дифференцируются на более частные типы исследований, в которых используются точные методы, начиная с проблем экономики культуры и кончая статистическими исследованиями поэтического языка.

В нашей стране «линия точности» в изучении культуры и искусства также имеет свою традицию. Так, первые социально-психологические исследования проблемы усвоения литературных произведений читающей публикой относятся к 80-м годам прошлого века, и связаны они с именем известного русского деятеля культуры Н. А. Рубакина, изучавшего характер воздействия художественной литературы на читателей и пути усиления этого воздействия. Для этого им была проведена серия экспериментальных исследований, которые заложили основу того, что Рубакин называл б и б л и о п с и х о л о г и е й.

Другая область — это исследования литературы и языка, развернувшиеся в нашей стране начиная с 10 — 20-х годов нашего века; ныне эти исследования относят к разряду семиотических. Здесь можно назвать, например, Г. Г. Шпета, который тонко анализировал ряд актуальных ныне вопросов учения о знаках и его истории. В 20-х годах П. А. Флоренский, развивавший интересные идеи семиотико-искусствоведческого характера, высказывает положения, которые в некотором смысле могут считаться кибернетическими — о решении математических задач с помощью предложенных им аналоговых приборов, основанных на различных физических принципах [14]. Следует также отметить развитие структурного подхода к анализу художественной культуры, в том числе поэтического языка. В частности, существенное влияние на литературоведческую мысль оказало «Общество изучения поэтического языка»: исследования его членов — В. Б. Шкловского, В. Я. Проппа, Б. В. Томашевского и других — внесли вклад в дело проникновения структурных (а через них и математических) методов в изучение художественной культуры (о развитии семиотико-искусствоведческих исследований в СССР см. [15, с. 370 — 379; 16]).

Три грани проблемы «алгебры и гармонии»

Обстоятельно осветить историю идеи «искусство и число», «алгебра и гармония» — задача столь же увлекательная, сколь и масштабная. Выше мы отметили лишь некоторые из моментов этой истории. Как это бывает со всякой большой идеей, мысль о математическом

подходе к анализу явлений искусства захватывала ум и воображение мыслителей, художников, ученых разных времен, разных стран, разных культурно-исторических типов. История этой идеи хронологически совпадает с историей науки об искусстве, а ее география охватывает ведущие центры цивилизации, прежде всего европейской. Что касается философского содержания этой идеи, то оно варьирует в соответствии с изменениями в идеологической надстройке общества. Пифагорейская мистика чисел, картезианский дуализм, мировоззрение деятелей эпохи Просвещения, разнообразные идейные течения в эстетике XVIII и XIX столетий — все эти, так же как и многие другие идеологические феномены, будучи социально обусловленными, наложили свою печать на динамику проблемы «алгебры и гармонии», на методы разработки и истолкование конкретных результатов. Однако при всем многообразии развития идей, относящихся к взаимосвязи искусства и точного знания, можно отметить несколько больших граней проблемы, являющихся одновременно обобщенными направлениями ее разработки, граней, вычленение которых не связано строго с исторической хронологией, а обусловлено скорее определением основного объекта исследований, оказывающегося центральным в определенный период развития науки об искусстве. Мы выделим ниже три таких грани-направления.

Для первого направления, по-видимому, в европейской цивилизации наиболее раннего, главным объектом исследования, а тем самым и сферой приложения идеи «художественное — выразимое числом» явилось само искусство, произведения искусства, а также концепция красоты. Эта грань проблемы была представлена уже школой Пифагора, а дальнейшее развитие получила в эстетической концепции Аристотеля, который расширил ее до истолкования сущности красоты как таковой. В «Метафизике» (кн. 13, гл. 3, 1078 b) Стагирит отмечает, что важнейшие виды прекрасного — слаженность, соразмерность и определенность — больше всего выявляются математикой [8, с. 327].

В средние века сходные идеи высказывались некоторыми авторитетами схоластической науки, причем использовались положения философского учения Платона. В диалоге «Тимей» Платон излагает учение о сот-

ворении мира и его «начал» — огня, земли, воды и воздуха — с помощью «образцов» и чисел; при этом одним из формообразующих факторов у него выступают треугольники. Этот взгляд получил преломление в сочинениях Августина Блаженного, утверждавшего, что сущностью мира в целом и каждого предмета в нем является число. Над сознанием художника витает вечное слово мудрости, так как красота, ее сущность (так же как и сущность бытия) — в числе. Равнобедренный треугольник, утверждает Августин, прекраснее, чем неравносторонний, так как первому присуще большее равенство; однако он уступает в красоте квадрату, ибо последний обладает равенством и в сторонах, и в углах. Но и квадрат несовершенен, поскольку вершины углов и середины сторон не равноудалены от центра; поэтому квадрат уступает кругу как наивысшей форме красоты¹. Эти общие идеи сочетались у Августина со вполне конкретными положениями его архитектурной теории, в которой этот мыслитель рассматривал вопросы симметрии и асимметрии в применении к расположению арок, окон и дверей в архитектурных сооружениях (см. [10, с. 149 — 152]).

Второй гранью интересующей нас идеи единства «алгебры и гармонии» явилось применение математических методов к анализу эстетических оценок. Исторически и логически оно оказалось связанным, с одной стороны, с развитием логики и методологии научного исследования, с ее распространением на искусство, а с другой стороны, с расширением сферы математико-эстетических рассмотрений благодаря включению в нее проблем восприятия продуктов художественного творчества. Остановимся на обеих сторонах дела.

Становление методологии научного исследования, активный поиск методов аналитического изучения, адекватных различным объектам, развернулся в Новое время на фоне стремительного прогресса математики и математического естествознания. Ученые, философски осмыс-

¹ Интересно перевести эти идеи Августина на современный теоретико-групповой язык описания симметрии (см. известную книгу Г. Вейля [17]). Круг обладает поворотной симметрией, представимой группой преобразований бесконечного порядка, в то время как симметриям квадрата и других упоминаемых Августином фигур соответствуют группы преобразований конечного порядка.

ливавшие этот процесс в самом его начале (Ф. Бэкон, Р. Декарт), стоят у истоков логики и методологии науки в ее современном понимании. Свои «правила для руководства ума» Декарт развил как методологические приемы, ориентирующиеся на дедукцию как главный источник знания (наряду с наглядно-содержательной интуицией); при этом дедукция для него была неотделима от математики. Декарт считал, что его подход применим и к художественному мастерству. В своем «Компендиуме музыки» (1618) он использует математические средства для описания соотношений, характеризующих музыкальные интервалы, для расчета пропорций и пр., стремясь поставить изучение эстетических явлений на базис арифметики и геометрии.

Однако на практике эволюция методов научного исследования шла не столько под влиянием философских концепций, подобных тем, которые развивали Декарт и Бэкон, сколько под воздействием реальных задач, возникавших в научном познании и практике, а также в соответствии с внутренней логикой развития, в наибольшей мере проявлявшейся в математике. Прогресс в общих чертах имел вид эволюции от описательных методов к методам систематизирующим и от них — к методам измеряющим и формализующим. При этом поиск и внедрение новых — в частности, математических — методов имел место как в науке, так и в искусстве. В этой распространенности на обе сферы нашла свое выражение та коренная черта научного метода, что он есть способ исследования, соединяющий в себе логику теории и логику действия: метод есть форма теоретического и практического освоения действительности. В применениях естественно-математических средств в искусстве это обнаружилось с полной ясностью.

Прежде всего произошло расширение объекта математико-искусствоведческого исследования. По мере упрочения идеи о единстве эстетического и математически-выразимого в поле исследовательского внимания были вовлечены не только сами творения художественной культуры, но и отношение к ним человека. Если в рамках первой выделенной нами грани проблемы — и, соответственно, исследовательского направления — вслед за Пифагором изучалось «реальное» произведение, его «красота», то уже Д. Дидро создает мысленный образ

идеального слушателя музыкального произведения — человека, обладающего не только нормально функционирующими органами чувств, но и образованного, с развитым художественным вкусом. Это расширение сферы применения точных методов анализа художественной культуры и их распространение на вопросы эстетических оценок подготовило развитие экспериментальной эстетики, о которой уже шла речь выше.

Начало экспериментальной эстетики естественно связывать с появлением в 1876 г. книги Фехнера «Вводный курс эстетики» [18], которой предшествовала работа того же автора «Об экспериментальной эстетике» (1871 г.). К. Гилберт и Г. Кун в своей «Истории эстетики» следующим образом выявляют общую идею Фехнера. Последний анализировал личностные оценки предметов с точки зрения их эстетической привлекательности. Для определения этих оценок он использовал три типа экспериментальных методов. Один из них состоял в селекции, отборе. Его смысл легко усмотреть из следующего эксперимента, поставленного Фехнером. Из белого картона было изготовлено 10 прямоугольников одинаковой площади, но разной формы — от квадрата до прямоугольной фигуры с соотношением сторон 5 : 2. Эти фигуры, беспорядочно разбросанные на черном столе, предъявлялись испытуемым — образованным субъектам с разным уровнем художественной подготовки. Каждый испытуемый должен был указать самую приятную и самую неприятную фигуру. Оценки, которые давали испытуемые фигуры, выражались численными коэффициентами. Анализ результатов эксперимента показал, что существуют объекты, обладающие сами по себе определенным «эстетическим значением».

Второй метод заключался в том, что испытуемым предлагалось из некоторых линий или форм самим строить объекты с предпочитаемым соотношением элементов. Третий метод — метод обследования предметов повседневной жизни — заключался в обмере предметов фабричного производства, формы и размеры которых определялись скорее практическими мотивами, нежели эстетическими соображениями. Выяснилось, что форматы книг, визитных карточек, контуры дворцовых дверей и т. п., несмотря на влияние моды, все же приближаются к коэффициентам «золотого сечения» [10, с. 555—556; 19, кн 2].

Таким образом, суть экспериментальной эстетики — на первом этапе ее развития, во всяком случае, — сводилась к анализу предпочтений и тех оценок, которые даются людьми тем или иным фигурам или предметам; измерялись, с одной стороны, предметы, подлежащие оценке, а с другой стороны, сами оценки.

Хотя методы, которые использовал Фехнер, были ограниченными по существу, так как изучался эстетический аспект зрительного восприятия предметов достаточно простой формы, тем не менее они заключали в себе возможность углубления и развития. И действительно, экспериментальная методика Фехнера была усовершенствована Л. Уитмером и Э. Пирсом; Д. Р. Мейджер и И. Кон подвергли изучению эстетическое значение не только черно-белых, но и цветовых контрастов. Эксперименты этого типа проводились также другими зарубежными исследователями.

В России подобные наблюдения и опыты были проведены в 1896 — 1898 гг. Ц. П. Балталоном, исследованием которого руководил заведующий психологической лабораторией Московского университета А. А. Токарский. Целью работы (ее теоретические основания, методика и результаты изложены в обширной статье [19]) было, с одной стороны, воспроизведение описанного выше исходного эксперимента Фехнера, а с другой стороны, проверка выдвинутой упомянутыми русскими учеными гипотезы относительно природы эстетического чувства как сложного интенсивного чувства сходства (эксперименты проводились со взрослыми испытуемыми; в них участвовало 204 мужчины и 100 женщин). Исследователи пришли к заключениям, во многом отличным от выводов Фехнера. Так, было установлено, что эстетическая оценка геометрических форм не зависит прямо от их математических свойств; скорее она находится в зависимости от соотношения зрительных восприятий и мышечно-двигательных ощущений, сопровождающих процесс рассматривания объектов. Отсюда исследователи сделали вывод о необходимости перехода от ограниченных опытов и наблюдений по определению эстетических оценок к широким экспериментальным исследованиям феномена эстетического впечатления.

Дальнейшая работа в этом экспериментально-эстетическом направлении — вплоть до наших дней — по-прежнему находится в связи с психологическими исследова-

ниями восприятия. Из зарубежных работ можно назвать исследования американца Рудольфа Арнхейма [20], французов Р. Франсе, Ф. Мольнара и других. Ученые, работающие в данной области, в 1965 г. объединились в Международную ассоциацию экспериментальной эстетики с центром в Институте эстетики и наук об искусстве Парижского университета. Устав этой ассоциации предусматривает объединение «специалистов разных стран, интересующихся применениями в гуманитарных науках (психология, социология, лингвистика и т. д.) методов математической формализации и экспериментальной проверки».

В нашей стране исследования психологии восприятия и специально восприятия, эстетически окрашенного, с использованием методики измерения количественно дифференцируемых значений соответствующих параметров проводились и проводятся психологами, физиологами, математиками, искусствоведами, специалистами в области эстетики. Сегодня эти исследования ведутся на тщательно разработанной теоретико-методологической основе с использованием кибернетических методов и вычислительной техники. Это позволяет говорить еще об одной грани, еще об одном обобщенном направлении разработки идеи единства «алгебры и гармонии». Если первое направление относится к исследованию самого произведения искусства (будь то музыка, поэзия или архитектура), а второе направление состоит в изучении эстетических оценок, которые даются субъектами предметам и явлениям, в том числе и тем, которые считаются «прекрасными», то новое, более широкое направление является направлением комплексным. Именно оно наиболее полно вбирает в себя тот «запас» научной методологии, о котором выше шла речь.

Существенной особенностью этого комплексного направления является значительное расширение объекта изучения. В орбиту естественно-математического исследования искусства включаются не только сами произведения и не только эстетические оценки предметов, явлений (включая и те, которые созданы человеком в результате творческой деятельности), но весь комплекс явлений, процессов, отношений, складывающихся в художественной культуре. Да и само понятие о последней возникает как выражение потребности в целостном ана-

лизе искусства как определенной сферы общественного сознания, взятой вместе с функционированием тех социальных институтов, которые создаются обществом для ее «материального обеспечения».

На протяжении истории идеи единства «алгебры и гармонии» комплексный подход к феноменам художественной культуры встречался нередко. Так, в уже упоминавшейся работе м-м де Сталь «О литературе» излагается своего рода технология исследования и произведения литературы, и читающей публики, причем автор рекомендует при этом использовать математику.

Важную роль в развитии комплексного подхода к явлениям художественной культуры сыграло применение методов статистики. Известно, что первые попытки применения статистических методов в общественных науках относятся еще к XVII в. И уже с первых шагов этой области знания явления, связанные с внутренним миром человека, включая переживания этического и эстетического порядка, оказались в поле зрения этой зарождающейся науки. В качестве примера сошлемся на работы А. Кетле, пытавшегося на основе статистических данных о самоубийствах и других актах человеческого поведения установить закономерности социально-этического характера (нравственный «климат» общества); на работы Ф. Гальтона, который старался уяснить некоторые явления, относящиеся к творческой деятельности людей, опираясь на наследственные факторы и используя статистические методы, и т. п. Можно также отметить исследования Л. Будо и А. Одена. Последний выпустил в 1895 г. книгу «Генезис великих людей», в которой он, опираясь на 6384 биографии литераторов, родившихся в пределах распространения французского языка в период с 1300 по 1830 г., использовал метод, именуемый сегодня контент-анализом. Подвергнув данные, касающиеся литературного творчества писателей, их происхождения, имущественного положения и т. п., статистической обработке, он пришел к заключению, что на расцвет талантов оказывают влияние не географическая среда или этнологические отношения, а факторы, характеризующие «отношения управления», а также воспитание человека, экономическое положение и социальный статус родителей; А. Оден высчитал, что ребенок из аристократической семьи, при одинаковых способностях, имеет в 200 раз больше

шансов стать талантом, чем человек, выросший в пролетарской среде (см. [21, с. 185 — 186]).

Как мы отмечали выше, установка на точность в комплексных исследованиях художественной культуры имеет свою традицию и в нашей стране. Так, комплексный характер имели упоминавшиеся выше библиопсихологические исследования Н. А. Рубакина. В 20-х годах нашего века получили распространение исследования художественной культуры, которые сегодня называются конкретно-социологическими. В частности, изучение театрального искусства с применением измерений производил В. Э. Мейерхольд, анализирувавший типы и частоту реакций зрителей на спектакль. В то же время С. М. Эйзенштейн предпринял попытку внести приемы строгого анализа в изучение реакции зрителей на кинофильм. В 20—30-х годах Л. С. Выготским были проведены психологические исследования искусства широкого плана, в которых прослеживается важная семиотическая составляющая.

В нашей стране начались работы по использованию электрической звуковоспроизводящей аппаратуры для исполнения музыкальных произведений; Л. С. Термен — физик и музыкант — изобрел первое в мире электромузыкальное устройство («Терменвокс»), которое лежит у истоков новых методов создания, обработки и организации музыкального материала, использующих электронику и цифровую технику переработки информации (электронная музыка, машинная музыка) [22]. Великий русский композитор А. Н. Скрябин положил начало отечественным работам в области цветомузыки, где взаимодействуют искусство и техника, эстетика и математическое естествознание, психология творчества и нейрофизиология — области, представляющей собой уникальное соединение научных и художественных проблем и средств их решения, реальное воплощение синтеза художественной культуры и точного знания [23].

Итак, ведущиеся в наши дни работы в области применения количественных методов и вычислительной техники, данных математического естествознания в исследованиях художественной культуры базируются не на пустом месте. Неверно считать, что они — суть лишь детище нашего времени, что лозунг точности исследований, в данном случае исследований в сфере культуры, искусства, литературы, есть специфическое порождение второй

половины XX столетия. На деле соответствующая линия исследований художественной культуры и связанных с ней феноменов (включая естественный язык) наметилась еще на заре эстетической, искусствоведческой и психологической мысли. То отчетливо проявляясь, то временно прерываясь, она тем не менее тянется на протяжении столетий, содействуя генезису и развитию научной интерпретации культурно-эстетических феноменов.

Математические методы в исследованиях художественной культуры

Электронная музыка и цветомузыка, находясь в сильной зависимости от современной техники, в том числе и управляемой с помощью ЭВМ, иллюстрирует один из комплексов вопросов, связанных с точными методами в искусстве. Но в проблеме «алгебры и гармонии» существуют — и даже имеют больший вес — и аспекты иного рода. Одним из них является построение математических описаний культурно-эстетических феноменов, построение соответствующих математических моделей.

Искусство представляет собой такую область явлений «качественного» характера, для уяснений которой — вопреки тому, что нам подсказывает «здравый смысл», — математический подход зачастую оказывается просто необходимым. В монографии В. Фукса «По всем правилам искусства», в которой излагаются разработанные автором математические методы изучения литературных текстов, музыки, произведений изобразительного искусства, выразительно показано, как уже простейший расчет опровергает, казалось бы, вполне очевидное «качественное» рассуждение. Опираясь конкретным примером — зависимостью числа автомобильных аварий от числа машин, участвующих в дорожном движении, — Фукс наглядно показывает, в какого рода ошибки можно впасть, игнорируя математические расчеты. Он следующим образом объясняет эту ситуацию: «Причинные связи, которые с точки зрения здравого человеческого рассудка кажутся вполне убедительными, могут оказаться совершенно не соответствующими действительности. Здесь вступает в действие огромный комплекс так называемых нелинейных зависимостей, при наличии которых наш привыкший к линейному способу мышле-

ния здравый смысл практически всегда впадает в ошибку. Но число таких зависимостей на деле очень велико» [6, с. 292]).

Анализ показывает, что существует два пути приложения математики в художественной культуре: использование математических методов (и вычислительной техники) при создании художественных произведений и их применение для исследования продуктов творчества, восприятия человеком эстетических феноменов, оценки им творений искусства и т. п. Из предыдущего изложения нетрудно усмотреть, что в сфере искусства исследовательские задачи оказываются тесно переплетенными с задачами творческими. И тем не менее эти две стороны дела относительно самостоятельны.

Каждый из двух упомянутых выше путей, в свою очередь, можно рассматривать в различных аспектах, например, с точки зрения осуществимости или эффективности соответствующих математических приемов, с точки зрения их целесообразности и практической полезности и т. п. Примером работы, направленной на выявление некоторых из такого рода аспектов, является помещенная в настоящем сборнике статья Г. Г. Азгальдова. Автор ее отстаивает взгляд, что хотя многие стороны художественного произведения могут быть в принципе объектом анализа, базирующегося на использовании математики, с этической точки зрения имеются аргументы в пользу ограничения допустимых пределов «вторжения» точных методов в область художественного творчества.

Большое внимание в проводимых в настоящее время исследованиях уделяется изучению отношения человека к произведениям искусства и их воздействия на него. Здесь прежде всего следует указать на информационный подход к теории эстетического восприятия. Одной из концепций в этой области является «информационная эстетика», которой посвящен ряд статей в книге «Семиотика и искусствометрия» [24], монографии А. Моля [4, 6]. Исходным пунктом данной концепции часто является теория информации К. Шеннона. Формулы этой теории, надлежащим образом примененные, позволяют вычислять, сколько в эстетическом сообщении «новой информации» (в шенноновском смысле), т. е. насколько оно «оригинально», и сколько в нем

«избыточности». Моль, развивающий подобный подход, считает, что благодаря избыточной информации форму сообщения можно варьировать, не меняя «содержания». «Информационную эстетику» — в смысле Моля — как раз и интересует, каким образом автор эстетического сообщения — художник использовал его избыточность. Это информационно-эстетическое направление изучает, так сказать, не сам текст произведения, а «почерк», которым он написан (избыточные элементы сообщения, не несущие информации в шенноновском смысле — «семантической» информации, как ее называет Моль, несут, согласно этому автору, информацию «эстетическую»).

Нет сомнения в том, что в подобной «информационной эстетике» эстетическое понимание чрезвычайно обеднено. Однако при других подходах, например, развиваемых в публикуемых ниже статьях Г. А. Голицына и Ю. К. Орлова, картина эстетического оказывается более содержательной. В статье Г. А. Голицына описана математическая модель восприятия, основывающаяся на теории информации и объясняющая некоторые особенности организации художественных произведений (анализ строится на материале разных видов искусства). Одна из таких особенностей, формализующаяся с помощью известного закона Ципфа, интерпретируется Ю. К. Орловым на основе модели взаимодействия человека с произведением искусства.

В настоящее время математические методы прилагаются практически ко всем видам искусств. Возьмем, например, живопись. Наиболее простым для анализа объектом здесь является орнаментально-прикладная и «беспредметная» живопись. Это хорошо видно из исследования, проведенного коллективом ученых, возглавлявшихся В. В. Налимовым. Подвергнув качественному анализу 19 репродукций картин различного характера, исследователи произвели затем математическую обработку результатов оценок 10 экспертов-испытываемых, которым предлагалось ранжировать картины по степени предпочтительности [25].

Результаты этой работы привели ее авторов к выводу, что зрители могут в известном смысле «читать» упомянутые картины, так как связывают их в иерархически располагающиеся объединения — «парадигмы». Наблюдающаяся связь этих парадигм с такими харак-

теристиками испытуемых, как пол, профессия и др., а также с их суждениями о «беспредметной» живописи говорят о том, что они каким-то образом «понимают» картины: система последних функционирует как некий «язык».

Предметную живопись труднее рассматривать подобным образом, так как для нее затруднительно выделение алфавита первичных знаков (как отмечается в [26], считать таковым набор мазков или штрихов различной формы вряд ли уместно) и еще труднее сформулировать «правила преобразования» элементов «алфавита»; главной «единицей» предметной живописи естественно считать образ. Это вскрывает существенные различия между обоими типами живописных изображений: в отличие от живописи, служащей для выражения некоторого *вне живописного содержания*, беспредметная живопись отличается пустотой своей «синтактики»: выполнение «синтаксических» («грамматических») операций не служит в этом случае для выражения какого-либо предметного содержания.

Сказанное не означает, что произведения «обычного» изобразительного искусства не могут быть объектом аналогичного экспериментально-математического исследования. Таковое вполне возможно. Об этом свидетельствует, например, материал упоминавшейся монографии В. Фукса. Этому также посвящена работа В. М. Петрова, В. С. Грибкова и В. С. Каменского, помещенная в настоящем сборнике. Авторы использовали метод, при котором от испытуемых не требуется каких-либо текстовых высказываний о воспринимаемых ими произведениях изобразительного искусства; требуется лишь, чтобы они располагали картины в соответствии с их привлекательностью. Как выяснилось, математическая обработка (методом неметрического многомерного шкалирования) полученного массива данных позволяет определять, что же именно ценят в картинах испытуемые. Другое исследование того же рода изложено в публикуемой статье В. И. Батова; исходным материалом для него также послужили высказывания экспертов (испытуемых) о серии объектов — плакатов.

В орбиту математизированного изучения вовлечено и драматическое искусство. В публикуемой работе В. Н. Дмитриевского и Б. З. Докторова материалом изучения тоже послужили высказывания испыту-

емых о серии объектов, в данном случае спектаклей. Как и в исследовании В. И. Батова, обработка полученного таким образом массива высказываний (которая производилась с использованием метода семантического дифференциала) осуществлялась средствами факторного анализа, что позволило описать весь массив в терминах небольшого числа (две-три) «главных компонент»; разработанная авторами методика позволяет предсказывать, как будет воздействовать тот или иной объект (спектакль) на определенную категорию индивидов, его воспринимающих.

Математические методы находят применение и в формальных текстологических исследованиях. В монографии В. Фукса в качестве объекта для такого рода изучения избраны литературные произведения художников слова и писателей «небеллетристов»: философов, политических деятелей, ученых — от Платона, Цезаря и Данте до писателей и политических деятелей XIX — XX вв. (включая Пушкина и Ленина; см. [27]). Результаты изысканий данного автора позволили высказать суждения о стиле писателей, поставить вопрос об авторстве «неопознанных» литературных произведений и т. п.

Искусство и кибернетика

Мы видели, что все главные направления проникновения идей «точности» и «машинности» в сферы культуры и искусства, существовавшие в прошлом, — направления, связанные с социологией, психологией, лингвистикой и пр., — во многом предвосхищали современные работы по приложению математических методов в эстетике, современные исследования по кибернетическому моделированию художественного творчества, информационных отношений в сфере художественной культуры (см. монографию А. Моля «Искусство и ЭВМ» в кн. [6]) и др. В наше время различные подходы и направления, служащие так или иначе делу взаимодействия точного знания и художественной культуры, использованию средств науки и в искусствознании, и непосредственно в творческом процессе, объединились в единую систему взглядов, в единый кибернетический, точнее, системно-кибернетический подход к культуре и искусству. Это произошло потому, что кибернетика

как область знания и технической практики неотделима от использования электронных вычислительных систем, порождающих новую ситуацию в интеллектуальной практике человечества, причем не только в науке, но и в искусстве. Мы видели это на конкретных примерах применения математических методов к изучению произведений искусства и их восприятия человеком; о том же говорит и развитие электронной музыки, работы в области синтеза музыкальных произведений с помощью ЭВМ. Исследования в последнем из упомянутых ответвлений работ лежат в сфере, пограничной между изучением художественных (в данном случае музыкальных) произведений и художественным творчеством. Они относятся к области, за которой закрепилось название «искусственный интеллект». В настоящем сборнике этим вопросам посвящена статья Р. Х. Зарипова (см. также [28, ч. 4, гл. 3]). Автор показывает, какими математическими методами можно изучать структуру музыкальных произведений, причем настолько успешно, что на основе выявленных на этом пути закономерностей оказывается возможным машинный синтез новых мелодий. Разумеется, подлинными творцами музыки при этом следует считать не ЭВМ и даже не математика-исследователя или программиста, а тех композиторов, изучение творчества которых позволило сформулировать те законы композиции, которые были вложены в информационно-вычислительное устройство.

Важную сферу применения ЭВМ в художественной культуре составляют социально-эстетические исследования, которые связаны с обработкой больших массивов исходных данных, требующей осуществления очень больших по объему вычислений. До появления современной вычислительной техники такие исследования были невозможны. То, что ныне ЭВМ входят в повседневную практику исследований в культуре и искусстве, свидетельствует о том, что искусствоведение обогатилось новым могучим средством изучения своего объекта.

Далее. Программируемые устройства современной техники переработки информации и автоматики постепенно находят применение и при решении чисто художественных задач. Кибернетические методы и средства применяются в архитектуре, художественном проектировании, дизайне, библиотечном и библиографическом деле. Острая проблема взаимодействия человека и ЭВМ

породила лавину работ, в орбиту которых вошло и искусство, так как оно, как обнаружилось, является весьма удобным объектом для разработки алгоритмов и программ человеко-машинного диалога [6].

Сфера искусства все более становится полем творческого поиска кибернетики. Искусство, со своей стороны, движется навстречу кибернетическому кругу идей. Громадные возможности ЭВМ все более привлекают внимание как ученых, изучающих художественную культуру, так и творцов искусства. Крепнет понимание того, что применение математико-кибернетических методов в эстетической сфере, не подменяя собой содержательный искусствоведческий анализ, дает ученым и деятелям художественной культуры дополнительные важные средства изучения феноменов искусства, взаимоотношения человека с миром прекрасного.

Для науки наших дней характерна множественность подходов к исследуемым процессам и явлениям. Это полностью относится и к эстетике, искусству, искусствоведению. Применение естественно-математических методов, электронных устройств, вычислительной техники выступает здесь лишь как одно из направлений развития, но такое направление, значимость которого не следует недооценивать. Конечно, на его перспективы смотреть следует трезво, не впадая в крайности. Как нам представляется, верный взгляд возможен лишь в рамках комплексного, системного подхода к художественной культуре — подхода, в полной мере учитывающего качественную специфику искусства и его различных видов, ту особую форму, которую в этой сфере принимает лозунг «точности».

Современные сдвиги в науке и технике — явление сложное и противоречивое. Наряду с замечательными завоеваниями теоретической мысли и инженерной практики, техники, технологии, прикладных областей знания они порождают и новые проблемы. В числе последних — вопрос о тех не существовавших ранее отношениях, которые начинают формироваться между «гуманитарной» и «технической» составляющими цивилизации, — отношениях, которые можно охарактеризовать, используя в качестве метафоры известный принцип дополненности, связанный с именем Нильса Бора. Как представляется, эта «дополненность» во многом фокусируется в как будто бы частной — но на деле очень

серьезной и впечатляющей — проблеме «алгебры и гармонии». Хотим мы того или нет, но уже ныне — а в будущем еще в большей степени — искусство будет развиваться в условиях научно-технической революции, широко черпая из этого богатого источника и темы, и материалы, и изобразительно-выразительные приемы, и технические средства воплощения своих решений.

Наступила пора со всей серьезностью подойти к анализу ситуации в художественной культуре, складывающейся благодаря все более широкому использованию методов естественных наук, математики и кибернетики, электроники и вычислительной техники. Период сенсаций кончился. Его сменило время деловой, повседневной работы. Отражением этого и являются материалы, помещенные в этой книге.

Литература

1. Точные методы в исследованиях культуры и искусства. (Материалы к симпозиуму), ч. 1, 2, 3. М., 1971.
2. Точные методы и музыкальное искусство. (Материалы к симпозиуму). Изд-во Ростовского ун-та, 1972.
3. Бирюков Б. В., Геллер Е. С. Кибернетика в гуманитарных науках. М., 1973.
4. Моль А. Теория информации и эстетическое восприятие. М., 1966.
5. Моль А. Социодинамика культуры. М., 1973.
6. Моль А., Фукс В., Касслер М. Искусство и ЭВМ. М., 1975.
7. Декарт Р. Избр. произв. М., 1950.
8. Аристотель. Соч. В 4-х т, Т. 1. М., 1976.
9. Леонардо да Винчи. Избранное. М., 1952.
10. Гилберт К., Кун Г. История эстетики. М., 1960.
11. Петров В. М., Прянишников Н. Е. Формулы прекрасных пропорций.— В кн.: Число и мысль. Вып. 2. М., 1979.
12. Дюрер А. Дневники, письма, трактаты. Т. 2. М.—Л., 1957.
13. Зарипов Р. Х. Кибернетика и музыка. М., 1971.
14. Флоренский П. А. Физика на службе математики.— «Социалистическая реконструкция в науке». Вып. 3. М., 1932.
15. «Кибернетику — на службу коммунизму». Т. 5. М., 1967.
16. Иванов В. В. История семиотики в СССР. М., 1977.

17. Вейль Г. Симметрия. М., 1968.

18. Fechner G. Vorschule der Aesthetik. 2 Teile. Leipzig, 1876 (2-е изд. 1897). См. русский перевод одной из глав в кн. [24].

19. Балталон Ц. П. Наблюдения и опыты по эстетике зрительных восприятий.— «Вопросы философии и психологии», кн. II (52), III (53), V (55), М., 1900.

20. Арихейм Р. Искусство и визуальное восприятие. М., 1974.

21. Барт П. Философия истории как социология. СПб, 1902.

22. Термен Л. С. Физика и музыкальное искусство. М., 1966.

23. Мельников Л. Н. Программы, алгоритмы, конструкции. Синтез цвета и музыки. М., 1980.

24. Семиотика и искусствометрия. Сб. переводов. М., 1972.

25. Андрухович П. Ф., Грибков В. С., Козырев В. П. и др. Абстрактная живопись как особый — вырожденный язык. (Статистические методы изучения восприятия абстрактной живописи).— В кн.: Распознавание образов (Материалы конференции). Тарту, 1972.

26. Налимов В. В. Вероятностная модель языка. О соотношении естественных и искусственных языков. М., 1979.

27. Fuchs W. Nach allen Regeln der Kunst. Stuttgart, 1968.

28. Управление, информация, интеллект. М., 1976.



Г. Г. Азгальдов,
кандидат технических наук

ПОВЕРИТЬ АЛГЕБРОЙ ГАРМОНИЮ... МОЖНО ЛИ? НУЖНО ЛИ?

Полтора столетия назад появилась пушкинская строка «Поверил я алгеброй гармонию». Интересна ее судьба. Настоящая поэзия всегда есть концентрат мысли. И в этом коротком стихе, в очень лаконичной форме поэт (возможно, сам того не ведая) выразил суть проблемы, которая и сегодня еще не имеет однозначного решения и, более того, вызывает все больше споров. Прежде всего, в этом споре существуют две противоположные точки зрения. И если поэт Евгений Евтушенко утверждает, что «невозможно алгеброй поверить гармонию», то специалист в области машинных методов проектирования В. А. Кузьмин отстаивает противоположную точку зрения, считая, что «поверить алгеброй гармонию» можно и нужно [1]; многие же участники дискуссии занимают «промежуточные» позиции.

Конечно, сегодня проблема взаимосвязи гармонии

и алгебры — это не только проблема машинного (главным образом, с помощью ЭВМ) моделирования процесса создания произведений искусства, моделирования художественного творческого процесса, другими словами, — проблема создания произведений искусства с помощью ЭВМ.

От большинства других научно-технических проблем эта проблема отличается в одном важном отношении. Например, рассматривая какую-то проблему, обычно исследуют ее только в единственном аспекте — аспекте возможности ее решения, предполагая, что вопрос о необходимости ее решать уже не дискутируется ввиду явной очевидности. Что касается проблемы «искусство и ЭВМ», то, по нашему мнению, отнюдь не так уж очевиден ответ на вопрос: нужно ли машинное создание произведений искусства? И, во всяком случае, этот вопрос не меньше заслуживает специального рассмотрения, чем вопрос о возможности машинного моделирования в эстетической деятельности человека.

Поэтому в дальнейшем проблему «гармония и алгебра» (в современной интерпретации «искусство и ЭВМ») будем рассматривать в двух аспектах: с точки зрения возможности и с точки зрения необходимости.

Итак, возможно ли применение ЭВМ в искусстве?

В любом творческом процессе, например, в научном, художественном, можно выделить два этапа — этап созидания, когда и создается творческое произведение, и этап оценки, когда это произведение получает общественную оценку (с точки зрения «хорошо — плохо»). Проанализируем сформулированный выше вопрос применительно к каждому из этих этапов.

Можно ли с помощью ЭВМ создавать произведения искусства?

Расчленим этот вопрос на подвопросы и рассмотрим их с двух точек зрения: теоретической возможности и практической осуществимости.

Теоретическая (принципиальная) возможность машинного моделирования произведений искусства. Как известно, испытываемое человеком эмоциональное ощущение от какого-то объекта зависит прежде всего от

отдельных эстетических характеристик этого объекта, например, для визуально воспринимаемого объекта от таких его свойств, как цвет, пропорции, стиль и т. д. (подробнее этот вопрос разобран в книге [2]). Вместе с тем историческая практика свидетельствует, что большинство людей, относящихся к разным социальным группам, к разным национальностям и даже к разным эпохам, в эстетическом плане (если, допустим, учитывать такую эстетическую категорию, как красота, прекрасное) более или менее одинаково положительно оценивают некоторые произведения искусства, которые именно в силу этого единодушия справедливо считаются истинно красивыми: древнегреческие храмы, ювелирные изделия эпохи Возрождения работы Б. Челлини или современные легковые автомашины. Иначе говоря, в данном случае мы имеем дело с определенным устойчивым явлением.

Но в силу одного из важнейших принципов материалистической философии — принципа детерминизма такое устойчивое явление должно иметь определенную причину. Понятно, что такая причина не может не быть закономерной и должна обуславливаться закономерным сочетанием, соотношением эстетических характеристик воспринимаемого объекта. Но в силу другого важного принципа материалистической философии — принципа познаваемости всех закономерных явлений, неизбежен вывод о том, что эти закономерные сочетания эстетических характеристик объекта могут быть познаны, а в современных условиях это означает — могут быть формализованы и смоделированы с помощью ЭВМ.

К такому же выводу можно прийти и в результате проведения несколько иного анализа, основанного на том, что эстетическое впечатление относится к категории психических процессов, психических явлений. Но хорошо известно, что существует множество научных разработок, в которых с помощью ЭВМ моделируются психические явления и процессы.

Нужно сказать, что едва ли не первым (еще 60 лет назад) указал на такую возможность Иван Петрович Павлов в своем выступлении на общем собрании XII съезда естествоиспытателей и врачей: «... вся жизнь от простейших до сложнейших организмов, включая, конечно, и человека, есть длинный ряд все усложняю-

щихся до высочайшей степени уравниваний внешней среды. Придет время, пусть отдаленное, когда математический анализ, опираясь на естественнонаучный, охватит величественными формулами уравнений все эти уравнивания, включая в них, наконец, и самого себя» [3].

И сегодня в предсказанном И. П. Павловым направлении сделан уже не один практический шаг: например, созданы и постоянно совершенствуются кибернетические устройства, способные распознавать многие зрительные и слуховые образы. Пусть это пока первые шаги, но на пути, в конце которого, по почти единодушному мнению многих крупнейших ученых-специалистов в области математики, кибернетики и биологии, отнюдь не исключено создание искусственного мозга, обладающего (как и мозг человека) сознанием, мышлением, эмоциями и т. д.

Например, академик А. Н. Колмогоров, анализируя этот вопрос, писал: «Возможно ли создание искусственных живых существ... в высших формах обладающих эмоциями, волей и мышлением вплоть до самых сложных его разновидностей?.. важно отчетливо понимать, что в рамках материалистического мировоззрения не существует никаких состоятельных принципиальных аргументов против положительного ответа на этот вопрос» [4].

Не является непреодолимым препятствие для машинного моделирования эстетического творческого процесса и его чрезвычайная сложность. Академик В. М. Глушков в связи с этим пишет, что иногда «... возникают такие неформальные ситуации, когда, например, красота летнего заката рождает в мозгу композитора прекрасную мелодию... Мы пока еще знаем слишком мало о закономерностях творческих процессов. Если окажется, что боковые связи, подобные только что указанным, играют в них существенную роль, то это будет означать лишь то, что процессы творчества нельзя успешно моделировать в отрыве от всех остальных процессов, составляющих полный духовный мир человека. Это будет свидетельствовать, разумеется, о колоссальной трудности задачи, но отнюдь не о принципиальной невозможности ее решения» [5].

Можно было бы привести сходные утверждения и целого ряда других крупнейших специалистов (напри-

мер, академиков А. А. Дородницына, С. Л. Соболева, В. В. Парина, подтверждающих тезис о принципиальной возможности машинного моделирования любых психических процессов, включая и процессы создания эстетических произведений.

Разумеется, сейчас мы еще достаточно далеки от сколько-нибудь точного познания (а значит, и моделирования) закономерностей эстетического творчества. Но сама принципиальная возможность подобного познания не вызывает сомнения, являясь неизбежным следствием из двух фундаментальных положений материалистической философии — принципа детерминизма и принципа познаваемости.

Наряду с приведенными выше аргументами общего характера существуют и более конкретные доказательства принципиальной возможности моделирования любой мыслительной деятельности человека. Причем эти доказательства применимы и к такой специфической области мышления, как творческое мышление, творческая деятельность. Например, Ньюэлл, Шоу и Саймон отмечают, что «творческую деятельность можно охарактеризовать просто как вид деятельности по решению специальных задач, который характеризуется новизной, нетрадиционностью, устойчивостью и трудностью в формулировании проблемы» [6]. Опираясь на это определение, они показали, что и творческое мышление (как особая форма мышления вообще) может быть моделировано с помощью ЭВМ.

Наконец, нужно еще упомянуть, что вывод о возможности машинного моделирования человеческого мышления вытекает как следствие из 10 теорем Мак-Каллока-Питса, доказательство которых изложено в их работе в 1943 г. В этой работе было введено, а в 1958—1959 гг. уточнено Мак-Каллоком понятие «формальный нейрон» — единица формальной нейронной сети, которая принципиально может быть создана с помощью ЭВМ. А на основе такой формальной нейронной сети уже имеется возможность моделировать любую (в том числе и в сфере эстетики) мыслительную деятельность человека, поддающуюся конечному описанию средствами математической логики [7].

После этого краткого анализа проблемы в теоретическом плане перейдем к ее рассмотрению в практическом аспекте.

Практическая (техническая) возможность машинного моделирования произведения искусства. Известно, что электронно-вычислительная техника относится к тому виду продукции, которая совершенствуется едва ли не самыми быстрыми (по сравнению с другими видами) темпами. Известно также (в частности, по результатам специально проведенных экспериментов), что современные ЭВМ еще во многих отношениях значительно отстают от человеческого мозга. Но даже и эти «отсталые» электронно-вычислительные машины уже сегодня способны решать такие задачи, которые до недавнего времени относили к компетенции исключительно человеческого интеллекта.

В этой связи применительно к научно-технической сфере можно напомнить известные факты, свидетельствующие о том, что ЭВМ может не только доказывать теоремы геометрии и математической логики, но и способна на более удивительные действия — формулировать и доказывать новые, неизвестные ранее теоремы. Сегодня некоторые ЭВМ весьма успешно (практически на уровне кандидата в мастера) играют в шахматы и шашки, а завтра, нет никаких сомнений, будут играть сильнее международного гроссмейстера. Вычислительные машины широко применяют для оптимального проектирования конструкций, схем (в том числе и схем новых, еще несуществующих ЭВМ), для разработки оптимальных планов, составления расписания и в тысячах сложных ситуаций, принятие решений в которых раньше было исключительно прерогативой человеческого разума.

По сравнению с научно-технической сферой вычислительная техника в области искусства применяется значительно в меньшем объеме. Но даже и здесь в целом ряде экспериментов были получены убедительные доказательства тех больших возможностей, которые связаны с применением ЭВМ для моделирования эстетической деятельности.

Можно упомянуть в связи с этим созданные ЭВМ и получившие достаточно высокую оценку специалистов абстрактные графические композиции [9]; имеющий определенную эстетическую значимость и пригодный для промышленного использования набор (свыше 100) рисунков новых ткацких переплетений [9]; удачные эксперименты по применению ЭВМ в дизайнерских раз-

работках; в рисовании художественных мультфильмов [10]; в изготовлении скульптурных портретов; в подборе цветовых [11] или геометрических [12] композиций.

Имеются убедительные примеры успешного использования ЭВМ для создания эстетических произведений не только в визуальных искусствах, но и в музыке. Есть не менее убедительное свидетельство практических возможностей ЭВМ и в области поэтического искусства. Сравнительно недавно в ФРГ был выпущен весьма благоприятно встреченный критикой и читателями сборник стихов молодого и ранее неизвестного поэта Ульриха Краузе. Его написанные во вполне реалистической манере стихи пользовались большой популярностью (а один из критиков даже провозгласил Краузе «восходящей звездой поэзии») до тех пор, пока известный специалист в области машинного моделирования М. Бензе не признался, что «автором» стихов была ЭВМ [7].

Итак, на вопрос «можно ли с помощью ЭВМ создавать произведения искусства?» положительный ответ дают и теория, и практика.

Рассмотрим теперь второй из поставленных выше вопросов.

Можно ли с помощью ЭВМ оценивать произведения искусства?

Из всех видов искусства наиболее широкое применение электронно-вычислительная техника в настоящее время находит, пожалуй, в архитектурной эстетике, в связи с чем анализ вопроса целесообразно иллюстрировать, главным образом, на примере именно этой области искусства.

Прежде всего, нужно отметить, что здесь (так же как и во многих других областях применения ЭВМ) первоначально самыми эффективными оказались не чисто машинные, а «человеко-машинные» процедуры, в которых сегодня наиболее целесообразно используются сильные стороны как человека-эксперта, так и ЭВМ. Цель, которая преследовалась при разработке соответствующих машинных программ, заключалась в том, чтобы в максимальной степени облегчить и вместе с тем сделать более эффективной работу экспертов, выносящих суждения о степени эстетичности архитектурного объек-

та (обычно на стадии проектирования). При решении этой задачи с помощью ЭВМ стремятся дать эксперту максимально полную и достоверную картину того, каков будет внешний облик запроектированного объекта (а также и интерьеры) при его восприятии с самых различных точек наблюдения. С этой целью разработаны программы, на основе которых ЭВМ, снабженная специальной графической приставкой, обеспечивает автоматическое построение перспектив (и даже стереоперспектив), которые дают эксперту визуальное представление о будущем объекте, наблюдаемом с любого заранее заданного числа точек на местности. При этом вносятся необходимые оптические коррективы, учитывающие особенности человеческого зрения (возможность возникновения зрительных иллюзий), что дает эксперту близкое к действительности зрительное представление о том объекте, который будет возведен по оцениваемому проекту [13].

Более того, для повышения степени достоверности визуального изображения архитектурного объекта создаются специальные машинные программы, на основе которых с помощью ЭВМ формируется уже не перспективное (и даже не стереоскопическое), а голографическое изображение запроектированного объекта, что, как известно, создает почти полную объемную иллюзию того, что этот объект наблюдается в реальности [14]. Для этих целей может применяться и экспертный метод. Но, как известно, точность любой экспертной оценки, при прочих равных условиях, тем больше, чем более многочисленна группа опрашиваемых экспертов. С этой точки зрения было бы желательно давать экспертную оценку эстетичности архитектурного сооружения не комиссией, как правило, включающей в свой состав не больше 10 человек, а с учетом мнения нескольких тысяч самых опытных советских архитекторов.

Понятно, что обычным, традиционным способом проведения экспертиз такая задача абсолютно неразрешима, так как очевидно, что нельзя каждые несколько дней (по мере того как в архитектурных мастерских рождаются новые проекты) отрывать от работы такую массу архитекторов и проводить экспертизы.

Но ведь можно воспользоваться таким событием, как очередной съезд Союза архитекторов, на который прибывают практически все наиболее квалифициро-

ванные специалисты, работающие в области архитектуры. И вот, на этом самом представительном форуме, по существу, являющемся гигантской экспертной комиссией, делегатам съезда можно показать цветные перспективные (а еще лучше, цветные голографические) изображения всех крупнейших произведений мировой и отечественной архитектуры, составляющих ее золотой фонд, и попросить дать целостную оценку красоты каждого из этих сооружений. Затем в память мощной ЭВМ вводятся как все эти комплексные количественные оценки эстетичности, так и численные значения всех эстетических характеристик (цвет, форма, пропорции, ритм и т. д.) оценивавшихся объектов.

С помощью этих данных и в соответствии с алгоритмом, разработанным в теории распознавания образов, ЭВМ «обучается», т. е. формирует в своей памяти обобщенные образы наиболее красивых сооружений, а также всех тех комбинаций численных значений отдельных эстетических характеристик, которые и формируют различные степени красоты каждого из оценивавшихся сооружений. «Обученная» таким образом ЭВМ становится как бы хранилищем коллективного мнения, коллективного суждения большинства советских архитекторов. И это мнение может быть точно и быстро «высказано» по любому представленному ей (т. е. ЭВМ) сооружению.

Иначе говоря, при необходимости получить уже не экспертную, а машинную оценку в ЭВМ можно будет ввести численные значения эстетических параметров какого-то нового, подлежащего оценке архитектурного объекта, на основе которых ЭВМ вычислит комплексную оценку его эстетичности.

Понятно, что эстетические вкусы вообще и у архитекторов в частности с течением времени могут измениться. Эти изменения сравнительно несложно учесть таким образом, что периодически (допустим, используя для этого очередной съезд архитекторов) в ЭВМ будут вводиться дополнительные данные, отражающие некоторые изменения в «коллективном вкусе» архитекторов и позволяющие скорректировать сформировавшиеся в памяти ЭВМ «образы» красоты. Причем нужно отметить, что в результате каждой такой корректировки машина будет становиться все более «обу-

ченной», повышая тем самым степень объективности выдаваемых ею оценок.

Следующий же шаг в направлении автоматизации оценки эстетичности архитектурных объектов будет, весьма вероятно, связан со снабжением ЭВМ такими внешними оптическими устройствами (многие из них уже освоены техникой), которые самостоятельно, без участия человека способны воспринимать разнообразную оптическую информацию (о цвете, светотени, рельефе поверхности, симметрии и т. д., т. е. о всех эстетических характеристиках оцениваемого объекта) и передавать эту информацию в ЭВМ, где на ее основе и будет определяться комплексная оценка эстетичности.

Все сказанное выше, разумеется, может быть трансформировано и применительно к любым другим (не только архитектурным) эстетическим объектам.

А теперь рассмотрим проблему «Искусство и ЭВМ» уже не в аспекте возможности, а в аспекте необходимости.

Нужно ли с помощью ЭВМ создавать произведения искусства?

Применительно к первому этапу работы в искусстве этот вопрос выглядит так: необходимо ли создание произведений искусства без участия человека, с помощью только технических средств (в частности, ЭВМ)? Иначе говоря, при всеобщей тенденции к механизации и автоматизации выполняемой человеком работы нужно ли автоматизировать и этот вид человеческой деятельности?

По нашему мнению, отрицательный ответ на этот вопрос вызван двумя причинами, которые условно могут быть названы: «Потребность в творчестве» и «Потребность в соревновании».

Потребность в творчестве. Творческая работа вообще и в искусстве в частности это прежде всего работа, которая, как и любая другая, так называемая «нетворческая» работа может быть тяжелой, утомительной, иногда даже вредной для здоровья. С этой точки зрения облегчение ее (вплоть до полной замены человека машиной) было бы правильным. Было бы правильным, если бы творческая работа, кроме своей

интенсивности, не отличалась от работы нетворческой одной чрезвычайно существенной характеристикой — огромным, ни с чем не сравнимым удовольствием, которое получает от ее выполнения творческий работник. Потребность в творчестве, вероятно, генетически заложена в человеке, хотя, конечно, у разных людей она выражена по-разному. С этой точки зрения тот, к кому обычно применяют термин «творческий человек», «творческий работник», отличается от нетворческого именно резким, далеко выходящим за средние рамки стремлением выполнять творческую работу (и, как следствие, получать от нее психологическое наслаждение). Поэтому-то для настоящего творческого работника (будь то в науке или в искусстве) в его работе главное не трудности, вызывающие усталость и доводящие иногда до изнеможения. Главным же являются те сильнеешие положительные эмоции, которые он испытывает, занимаясь любым делом. Творческий человек, по-видимому, просто не может не заниматься своим делом. Упрощенно классифицируя, можно считать, что для творческого работника — теоретика науки радость работы заключается, по-видимому, в познании того, что до сих пор никому не было известно, в получении нового знания (вспомним афоризм выдающегося советского физика Л. Д. Ландау: «Занятие наукой — это способ удовлетворять свое любопытство за счет государства»). Для творческого работника в области техники смыслом (и одновременно источником наслаждения) его деятельности является получение нового технического устройства (сооружения, машины, прибора и т. д.).

Смысл творческой работы в искусстве заключается в получении новых изображений (в материале, звуках, словах, красках и т. д.) окружающего мира. Но и для тех, и для других творческая работа — это, прежде всего, радость. Та самая радость, по поводу которой «отец кибернетики» Норберт Винер очень хорошо сказал, что творческим работником является тот, кто готов платить за право заниматься своим любимым делом. И ведь далеко не случайно, что настоящие творческие работники, по существу, практически не выходят на пенсию, не становятся пенсионерами в обычном смысле этого слова. И в науке и в искусстве они очень часто работают до конца своих дней.

Так зачем же, спрашивается, отнимать у человека (творческого работника, в частности работника искусства) то, что доставляет ему радость, то, в чем он видит смысл своей жизни?

Разумеется, нельзя отрицать, что в профессии архитектора (так же как и в профессии любого другого творческого работника в сфере искусства) существует необходимость выполнять не только творческую, но и рутинную, вспомогательную, далеко не всегда приятную работу. Применительно к труду архитектора это может быть вычислительная, оценочная, компоновочная, графическая работа. Машинизация и даже автоматизация такой работы для архитектора — безусловно желательны. И если принять за исходное положение известный тезис о том, что «архитектура — это и искусство, и техника», то можно сделать вывод, что вполне целесообразно механизировать все те стороны работы архитектора, которые связаны с технической (материальной, функциональной) стороной архитектуры, но не лишать архитектора того, что связано с духовной, эстетической сущностью создаваемого им объекта и что, при всех издержках и трудностях этой профессии, все-таки является для архитектора источником творческого наслаждения.

Правда, в архитектуре (так же как и в других творческих профессиях), вероятно, есть люди, которые, создавая красоту, не испытывают больших положительных эмоций. Для них замена человека машиной при создании красивых архитектурных композиций (что, как уже говорилось, принципиально в будущем вполне осуществимо) будет означать только одно — облегчение работы, а затем и полное избавление от нее. От подобной механизации такие люди ничего не теряют (может быть, только заработок). Но ведь ясно же, что это — случайные в искусстве люди и что не они определяют лицо творческих работников. И им можно только посоветовать сменить профессию.

Выше все время проводилась параллель между творческими работниками в науке и в искусстве. Но между ними с точки зрения рассматриваемой здесь проблемы механизации и автоматизации работы есть и одно принципиальное различие. Сколько бы ни внедрялись автоматы и ЭВМ в научно-техническую деятельность, всегда (во всяком случае в обозримом будущем) у творче-

ских работников — теоретиков науки будет возможность удовлетворять свою потребность добывать новое знание об окружающем его мире, ибо познание безгранично; у творческих работников — инженеров всегда будет возможность сконструировать еще что-то более новое и более полезное. Поэтому-то против внедрения ЭВМ никто из них и не возражает. Ведь простор для творчества как формы самовыражения при этом не только не уменьшается, но растет.

Совершенно иное положение в искусстве. Замените скульптора машиной (что технически можно реализовать уже сегодня) — как при этом сможет он удовлетворить свою страсть к творчеству? И ведь это относится не только к скульптору, но и к музыканту, и к архитектору, и к поэту, и к художнику — короче, ко всем творческим работникам искусства.

Наконец, не нужно забывать, что для каждого, занимающегося творческой работой в искусстве (даже, если у него профессия и не связана с искусством, а такая работа — просто хобби), подобная деятельность важна не только как источник больших положительных эмоций, но и как мощный фактор, воспитывающий его духовно, облагораживающий его, делающий его более гуманным. Как сказал один очень мудрый человек: «Наука делает из человека специалиста, искусство делает из специалиста человека». (Очевидно, что здесь речь идет никак не о «машинном искусстве».)

Потребность в самоутверждении путем соревнования. Человеку свойственно стремление самоутвердиться. Одна из форм такого самоутверждения — участие в соревнованиях (конкурсах, первенствах и т. д.). Может быть, в этом и кроется одна из причин существования спортивных состязаний во все времена и у всех народов. Но то же в значительной мере относится и к искусству. Конечно, встречаются творческие работники, которых не интересует общественная оценка продуктов их творчества, которые работают только для себя (например, известны художники, создававшие массу картин, но в течение всей жизни ни разу их не демонстрировавшие за пределами собственного дома). Но ведь ясно же, что это не правило, а исключение (и притом очень редкое). Для обычного же, «нормального» работника искусства сделать свою работу хорошо, отлично (т. е. лучше, чем

это сделано другими) — тоже означает получение большого заряда положительных эмоций.

С этой точки зрения внедрение машинных методов создания произведений искусства будет означать лишение работников искусства возможности самоутверждаться путем творческого соревнования со своими коллегами, а это значит — и лишение радости, которую они получают в таком соревновании.

Разве при современном уровне техники нельзя было бы сделать механические устройства, которые бы заменяли спортсмена на соревнованиях, например, по стрельбе из лука, и обеспечили бы стопроцентное попадание стрел в мишень? Конечно, можно. Но нужно ли? Нет. Не нужно. Не нужно потому, что стрельба из лука в данном случае, по существу, не цель, а средство самоутверждения спортсмена.

В связи с этим, автор не разделяет восторгов тех, кто предсказывает в недалеком будущем появление ЭВМ, играющих в шахматы лучше чемпиона мира. Если единственная цель подобных исследований — просто создание шахматного робота, превосходящего живого человека, то такая цель представляется просто ненужной, более того, в определенном смысле — безнравственной. Ну, создадут такой робот (в потенциальной возможности этого нет никаких сомнений) и сделают бессмысленной одну из древнейших и мудрейших человеческих игр, доставляющую эстетическое и интеллектуальное наслаждение десяткам миллионов людей. Что же в этом хорошего?

Если же эти исследования проводятся только для того, чтобы найти пути создания еще более «умных» ЭВМ, то это — цель благая, но разве нельзя было найти для подобных упражнений в машинном моделировании какую-то другую, не связанную со спортом или искусством область? Конечно же можно. На худой конец не представляет никакого труда вместо шахмат создать искусственную игру и именно на ней, без ущерба для интересов любителей шахмат, вести свои исследования.

Таким образом, и с точки зрения удовлетворения потребности человека в творчестве, и с точки зрения удовлетворения его потребности в самоутверждении путем соревнования машинное создание произведений искусства представляется ненужным. Но если говорить не об этапе создания, а об этапе оценки произведений

искусства, то чем больше будут применять для этой цели ЭВМ, тем менее субъективными будут полученные оценки, тем, очевидно, будет лучше и для общества, и для самого творца этого произведения. Это тот самый случай, когда от применения ЭВМ никто не проигрывает, а выигрывает все. В этом отношении автор согласен с точкой зрения известного специалиста в области информационной эстетики Франка [15], в соответствии с которой внедрение автоматизации на этапе создания произведения искусства — зло, а на этапе его оценки — благо. В этом — суть выводов, которые вытекают из проведенного выше анализа.

Литература

1. Кузьмин В. А. Архитектура как искусство и компьютер.— В кн.: Машинный метод проектирования (Тезисы докладов к научно-творческому совещанию «Архитектурная форма и научно-технический прогресс». 22—24 ноября 1972 г.). М., 1972.
2. Азгальдов Г. Г. Численная мера и проблемы красоты в архитектуре. М., Стройиздат, 1978.
3. Павлов И. П. Естествознание и мозг.— В кн.: И. П. Павлов. Избранные труды. М., 1951, с. 186.
4. Колмогоров А. Н. Высказывание по вопросу: «Может ли машина мыслить?» — «Знание — сила», 1966, № 9.
5. Глушков В. М. Кибернетика и умственный труд. М., «Знание», 1965, с. 19.
6. Ньюэлл А., Шоу Дж. С., Саймон Г. А. Процессы творческого мышления.— В кн.: Психология мышления. М., 1965, с. 503.
7. Гутчин И. Б. Кибернетические модели творчества. М., 1969, с. 18, 47.
8. Nake F. Künstliche Kunst — zur Production von Computergrafiken.— in: Kunst und Kybernetik. Köln, 1968.
9. Гутчин И. Б. Кибернетическое моделирование произведений искусства.— В кн.: Искусство и научно-технический прогресс, М. 1973.
10. Константинов Н. Н., Минахин В. В. и Пономаренко В. Ю. Программа, моделирующая механизм и рисующая мультфильм о нем.— В кн.: Проблемы кибернетики. Вып. 28. М., 1974.
11. ЭВМ подбирает цвета.— «За рубежом», 1971, № 44.
12. Stiny G., Gips J. Formalisation of analysis and design in the arts.— in: Basic questions of the design theory. Amsterdam, 1974.
13. Stewart C. D. Can a 54-year-old architectural firm find romance and happiness with an interactive computer system?— “Progressive architecture”, 1971, v. 52, № 7.
14. Fader L., Leonard C. Holography: a design progress aid.— “Progressive architecture”, 1971, v. 52, № 6.
15. Frank H. Grundlagenprobleme der Informationsästhetik und erste Anwendung auf die mime pure. Stuttgart, 1959, S. 56.



Г. А. Голицын,
кандидат биологических наук

ИНФОРМАЦИЯ И ЗАКОНЫ ЭСТЕТИЧЕСКОГО ВОСПРИЯТИЯ

Какова цель восприятия? Как чувственные критерии удовольствия и страдания позволяют нам судить о ее достижении? Как художник, инстинктивно руководствуясь этими критериями, помогает нам приблизиться к этой цели? — таковы вопросы, которые мы хотим обсудить.

Слова, вынесенные в заголовок статьи, требуют некоторого пояснения. «Эстетическое восприятие» мы понимаем как восприятие «хорошо организованное», оптимальное, доставляющее максимум чувственного удовольствия. Этим оно отличается от обычного восприятия, в котором преднамеренная организация чувственного материала отсутствует.

Теория информации представляется нам той естественной понятийной основой, которая способна не только

связать воедино обширную совокупность фактов восприятия, но и привязать ее ко всей системе точного знания.

Сказанное диктует нам определенную форму изложения материала. Мы начнем с того, что сформулируем цель восприятия в виде некоторого принципа оптимальности (подобного, например, вариационным принципам физики, см. [1]) и на языке теории информации. Затем, путем последовательной конкретизации и развертывания этого принципа, мы постараемся вывести из него как важнейшие закономерности восприятия, так и приемы его оптимизации. Сходная работа была нами проделана по отношению к поведению (см. [2], [3]). Приемы искусства, доказавшие свою действенность в ходе многовекового отбора, с одной стороны, послужат пробным камнем для проверки нашей теории, с другой — сами получают объяснение и классификацию на ее основе.

Исходные понятия

Каждый объект может быть описан как совокупность признаков (элементов, свойств, отношений и пр.). Примерами признаков могут служить цвет, размер, положение в пространстве, отношение сторон и пр. Каждый признак обладает набором значений, например, цвет: красный, желтый, зеленый, синий и пр.; размер: 1 м, 2 м, 3 м и т. д. Пока нам достаточно будет исследовать восприятие какого-нибудь одного признака.

Наблюдаемое субъектом значение признака x (ощущение) определяется двумя факторами:

- 1) стимулом, идущим от объекта;
- 2) представлением об объекте, хранящемся в памяти.

И стимул и память накладывают связь на признак, т. е. определенным образом ограничивают его значения. Обе связи являются вероятностными и каждая из них задает некоторое распределение плотности вероятности возможных значений $f(x)$.

Мы будем полагать, что это распределение одномерно и всегда может быть записано в следующем виде:

$$f(x) = \bar{f} \cdot \exp(-U(x - \bar{x})). \quad (1)$$

Здесь \bar{x} — положение максимума распределения на оси x , т. е. наиболее вероятное значение признака x . Мы

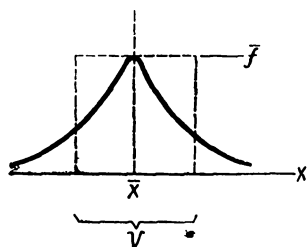


Рис. 1

будем называть его также нормальным значением, или просто нормой;

\bar{f} — плотность вероятности в точке x ;

$U(x - \bar{x})$ — неотрицательная функция расстояния от нормы.

Введем понятие «эквивалентного объема» V распределения. (Реально распределение часто не имеет определенного объема, так как «хвосты» его уходят в бесконечность.) Эквивалентный объем — это объем равномерного распределения с высотой, равной максимуму реального распределения (рис. 1). Учи-

тывая, что площадь под кривой распределения равна 1, можно написать выражение для эквивалентного объема.

$$V = 1/\bar{f}, \quad (2)$$

где \bar{f} — плотность распределения в точке максимума.

Цель восприятия

Теперь мы должны сформулировать цель восприятия и задать целевую функцию в терминах теории информации.

Следует сразу же оговориться, что система восприятия может работать в двух режимах:

- а) автономно, преследуя собственную цель,
- б) в составе более широкой системы (познания, поведения и пр.); в этом случае ее работа подчиняется целям этой системы.

Мы рассмотрим главным образом первый случай, поскольку именно в этом случае человек воспринимает «бескорыстно», ради того, чтобы воспринимать, удовлетворяет чисто чувственную (=эстетическую) потребность в восприятии, не имея в виду немедленного утилитарного применения полученного.

Во втором случае — подчиненного утилитарного восприятия — собственная цель восприятия не отменяется, но к целевой функции добавляется в виде дополнительного условия цель более обширной системы.

Целью восприятия является формирование представления, наиболее близкого к объекту. В терминах информации это означает, что представление должно «вобрать в себя» максимум информации об объекте. Это значит, что параметры представления x_0 , V_0 должны «выбираться» субъектом так, чтобы информативность объекта относительно представления была минимальной:

$$J = \min_{x_0, V_0} \quad (3)$$

Это и есть основной принцип восприятия, математическая формулировка того «результата», который организует и направляет деятельность функциональной системы восприятия. На языке термодинамики достижение этого результата можно было бы описать как равновесие между объектом и представлением.

Обычно существуют различные ограничения, мешающие немедленному и полному достижению этого равновесия, так что стремление к минимуму I реально выливается в стремление субъекта к получению максимального потока информации:

$$E = \frac{\Delta J}{\Delta t} = \max. \quad (4)$$

Здесь ΔJ — информативность стимула, Δt — его длительность.

Позднее мы рассмотрим некоторые условия, ограничивающие величину этого потока.

Приближение к цели восприятия, уменьшение I сопровождается положительными эмоциями (П. К. Анохин [4]), удаление от нее — отрицательными. Поэтому (4) одновременно есть выражение для эмоций E .

Ниже мы увидим, что вытекающие отсюда представления о свойствах эмоций и условиях их возникновения в основных чертах совпадают с теми, которые развивал П. К. Анохин.

Две компоненты информации

Первый шаг на пути конкретизации принципа — классическое выражение количества информации через вероятность p .

Пусть некоторое значение признака x имеет априор-

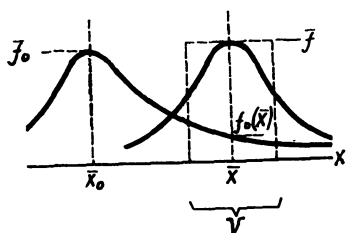


Рис. 2

ную вероятность появления $p_0(\bar{x})$. В результате приема сообщения оказалось, что это же значение имеет новую вероятность $p=1$. Тогда количество информации, содержащееся в сообщении, равно

$$\Delta J = -\ln p_0(\bar{x}). \quad (5)$$

Информация — это то, что меняет наши представления (см. [5]). Поэтому следующий шаг — выразить вероятность $p_0(\bar{x})$ через изменение параметров представления — положение максимума распределения x и эквивалентный объем V .

Пусть представление задает априорное распределение плотности вероятности в виде:

$$\begin{aligned} f_0(x) &= \bar{f}_0 \exp(-U_0(x - \bar{x}_0)) = \\ &= \frac{1}{V_0} \exp[-U(x - \bar{x}_0)]. \end{aligned} \quad (6)$$

Пусть после получения стимула оказалось, что распределение изменилось и действительное значение признака с вероятностью $p=1$ лежит вблизи новой точки максимума x внутри эквивалентного объема V (рис. 2). Априорная вероятность $p_0(\bar{x})$ этого значения приближенно равна произведению объема V на плотность вероятности $f_0(\bar{x})$ вблизи точки \bar{x} :

$$p_0(\bar{x}) = V \cdot f_0(\bar{x}) = \frac{V}{V_0} \exp[-U_0(\bar{x} - \bar{x}_0)]. \quad (7)$$

Подставляя это в (5), получаем количество информации, доставленное стимулом:

$$\Delta J = \ln \frac{V_0}{V} + U_0(\bar{x} - \bar{x}_0) = \Delta J_R + \Delta J_T. \quad (8)$$

Как видим, эта информация естественным образом распадается на две составляющие:

а) **Радиальную** ΔJ_R , которая только уточняет наше представление (изменяет его объем V), не меняя значения признака.

б) Тангенциальную ΔJ_T , которая меняет наше представление о значении признака.

В случае нормального распределения выражение для информативности принимает вид

$$\Delta J = \Delta J_R + \Delta J_T = \ln \frac{\sigma_0}{\sigma} + \frac{(\bar{x} - \bar{x}_0)^2}{2\sigma_0^2}. \quad (9)$$

В настоящей работе мы ограничимся исследованием этого случая.

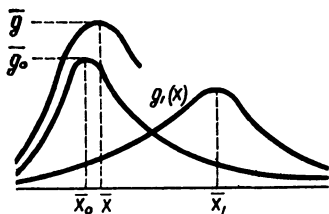
Взаимодействие стимулов

Теперь нам нужно найти зависимость параметров апостериорного распределения \bar{x} и σ , а значит, и информативности от параметров стимула. Для этого нам придется рассмотреть общие законы взаимодействия стимулов. Дело в том, что представление также может рассматриваться как стимул, а именно стимул, идущий из прошлого, из памяти субъекта. Память выступает как своего рода «орган восприятия прошлого» наряду со зрением, слухом и т. п. как органами восприятия настоящего. Благодаря памяти стимул, прекративший свое действие, не перестает существовать для субъекта, он только удаляется во времени, превращается в представление. Таким образом, взаимодействие стимула и представления является частным случаем взаимодействия двух стимулов.

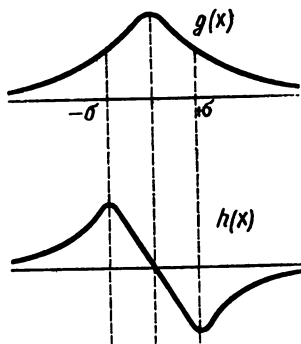
Пусть имеются два стимула с весами m_0 и m_1 (вес — произведение интенсивности на длительность) и распределениями плотности

$$g_0 = \frac{m_0}{\sqrt{2\pi} \sigma_0} \exp \left[-\frac{(x - \bar{x}_0)^2}{2\sigma_0^2} \right] \\ \text{и } g_1 = \frac{m_1}{\sqrt{2\pi} \sigma_1} \exp \cdot \left[-\frac{(x - \bar{x}_1)^2}{2\sigma_1^2} \right]. \quad (10)$$

Если стимулы достаточно близки (на расстоянии порядка $\sigma_0 + \sigma_1$), то между ними возникает взаимодействие: их плотности будут складываться (рис. 3) и в результате максимумы распределений сместятся от своих нормальных положений или даже сольются в один. Положение максимума играет важную роль в восприятии стимула,



Р и с. 3



Р и с. 4

поскольку субъективно оно ощущается как положение самого стимула в пространстве признаков (т. е. как наблюдаемое значение признака). Слияние максимумов равносильно слиянию ощущений, вызываемых стимулами. Исчезновение максимума равносильно исчезновению самостоятельного ощущения от стимула. Так, например, ограничение остроты нашего зрения вызвано слиянием двух близких ощущений в одно. Поэтому нам важно будет выяснить, как меняется положение максимума \bar{x} под влиянием близлежащих стимулов.

Все рассуждения можно сделать более наглядными, если вместо графика плотности распределения $g(\bar{x})$ рассматривать график его производной (рис. 4).

$$h(x) = \frac{dg(x)}{dx} = -\frac{m(x-\bar{x})}{\sqrt{2\pi}\sigma^3} \exp \left[-\frac{(x-\bar{x})^2}{2\sigma^2} \right]. \quad (11)$$

Приравнивая нулю сумму производных $h_0 + h_1$, получаем уравнение для \bar{x} :

$$\frac{(\bar{x} - \bar{x}_0) \frac{m_0}{\sigma_0^3} \exp \left[-\frac{(\bar{x} - \bar{x}_0)^2}{2\sigma_0^2} \right]}{(\bar{x} - \bar{x}_1) \frac{m_1}{\sigma_1^3} \exp \left[-\frac{(\bar{x} - \bar{x}_1)^2}{2\sigma_1^2} \right]} = -1. \quad (12)$$

Точное и общее решение этого уравнения невозможно, нам придется разбить его на ряд частных случаев и довольствоваться приближенными решениями для каждого из них. Для этого проведем качественный графический

анализ возможных решений и выявим наиболее важные частные случаи.

Заметим, что точка максимума — это точка пересечения двух графиков — h_0 и h_1 . Построим их (рис. 5) и посмотрим, сколько и каких точек пересечения может существовать. Нетрудно убедиться, что в зависимости от параметров стимулов возможны следующие частные случаи.

а) **Различие.** Если стимулы приблизительно равны по весу и расположены достаточно далеко друг от друга, то у графиков h_0 и h_1 имеются три точки пересечения (рис. 5, а). Две из них лежат вблизи соответствующих норм и характеризуют положения смещенных максимумов, третья лежит между ними и соответствует разделяющему их минимуму. Видно, что максимумы смещены навстречу друг другу, они как бы притягиваются. Притяжение тем сильнее, чем они ближе.

б) **Слияние.** Если постепенно сближать стимулы, то два максимума сливаются в один, а разделяющий их минимум исчезает. Этим слиянием, как уже указывалось, ограничивается острота зрения и вообще возможность дифференцировки двух близких стимулов (рис. 5, б).

в) **Захват.** Если постепенно увеличивать интенсивность одного стимула (или уменьшать интенсивность другого), то из двух максимумов остается один, принадлежащий более сильному стимулу. Более же слабый максимум исчезает — захватывается, ассимилируется более сильным. Такой более сильный стимул мы будем называть доминантой.

Между случаями б) и в) — слиянием и захватом — много общего. В сущности слияние есть взаимный захват.

г) **Порог.** Это случай, когда один график касается другого и когда, следовательно, слияние переходит в различие или наоборот (рис. 5, в). Этот случай является

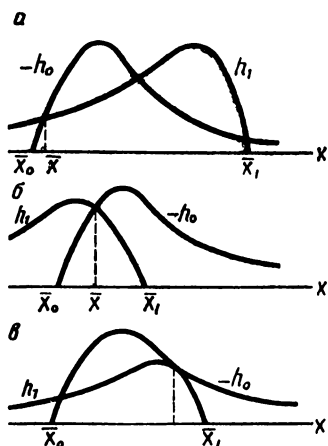


Рис. 5

пороговым для слабого стимула и отделяет его самостоятельное существование от поглощения доминантой. Подпороговый стимул не имеет собственного максимума и, следовательно, не вызывает самостоятельного ощущения. Он только увеличивает интенсивность доминанты. Надпороговый, «оторвавшийся» от доминанты стимул уже становится в конфликтные отношения к ней и при дальнейшем усилении может подавить ее и сам сделаться доминантой.

Отметим, что разделение стимулов, превращение одномодалного распределения в бимодалное переводит субъекта на качественно новый уровень восприятия, а именно: вместо одной изображающей точки в пространстве признаков возникают две, число степеней свободы и энтропия системы скачком возрастают и дальнейший отсчет поступающей информации должен вестись от этого нового уровня. Возникающие здесь проблемы по сути своей аналогичны проблемам предшествующего уровня и потому в настоящей работе мы ограничимся рассмотрением процессов главным образом в пределах одного уровня.

Тангенциальная компонента информативности

Зная приближенное положение максимума, мы можем теперь найти для него аналитическую зависимость. Мы рассмотрим наиболее типичный случай, когда стимул f_0 (априорное представление) доминирует, и будем искать отклонение апостериорного положения максимума от априорного $r_0 = \bar{x} - \bar{x}_0$. Поскольку в рассматриваемом случае это отклонение достаточно мало, то можно положить

$$\exp \left[-\frac{(\bar{x} - \bar{x}_0)^2}{2\sigma_0^2} \right] \approx 1. \quad (13)$$

$$\bar{x} - \bar{x}_1 \approx \bar{x}_0 - \bar{x}_1 = y. \quad (14)$$

Подставляя (13) и (14) в выражение (12), можем переписать его в следующем виде:

$$r_0 = \bar{x} - \bar{x}_0 = y \frac{m_1 \sigma_0^3}{m_0 \sigma_1^3} \exp \left(-\frac{y^2}{2\sigma_1^2} \right). \quad (15)$$

Найденное приближенное значение r_0 мы можем снова подставить в (12) и найти более точное, второе приближение. Однако общий характер зависимости r_0 от y при

этом не меняется, и мы ограничимся исследованием первого приближения.

Из выражения (15) видно, что с ростом y отклонение сначала растет, достигает максимального значения при $y \approx \sigma_1$, затем начинает падать и на бесконечности обращается в нуль. Аналогичным образом меняется и тангенциальная составляющая информативности ΔJ_T , которая, как видно из (9), пропорциональна квадрату r_0 . График зависимости ΔJ_T от y показан на рис. 6, а. В целом

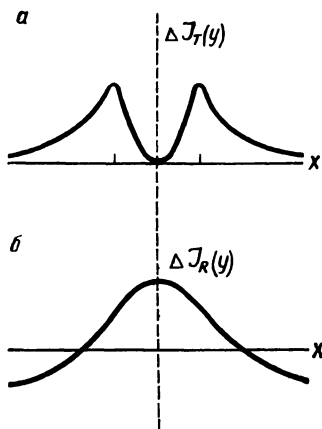


Рис. 6

этот график напоминает разрез кратера. Максимальной информативностью обладают стимулы, лежащие на гребне кратера. Стимулы, попадающие в центр кратера, т. е. совпадающие с представлением ($x_1 = x_0$), имеют нулевую информативность, что интуитивно понятно. Но оказывается, что и стимулы, далекие от представления, также несут нулевую информацию. Субъективно первые стимулы ощущаются как «банальные», последние — как «непонятные», а с эмоциональной точки зрения и те и другие — как «скучные». Наиболее информативными («интересными») оказываются стимулы, достаточно близкие к представлению, но не вполне совпадающие с ним. Именно такие стимулы обеспечивают наиболее эффективное изменение и развитие наших представлений.

Пример. Учебник высшей математики наиболее информативен для студента-первокурсника. И он не несет никакой информации ни профессору математики, ни школьнику-первокласснику: для первого он банален, для второго — непонятен.

Радиальная компонента

Найдем теперь, как радиальная составляющая информации зависит от параметров стимула. Для этого перепишем формулу для ΔJ_R следующим образом:

$$\Delta J_R = \ln \frac{V_0}{V} = \ln \frac{\bar{f}}{\bar{f}_0} = \ln \frac{\bar{g}/(m_0 + m_1)}{g_0/m_0}. \quad (16)$$

Найдем зависимость \bar{g} от параметров стимула. На рис. 4 показано, как происходит сложение плотности априорного распределения и стимула в точке максимума \bar{x}_0 (смещением максимума пренебрегаем): к максимальной плотности априорного распределения g_0 добавляется плотность распределения стимула в этой же точке $g_1(\bar{x}_0)$. Суммарная плотность в точке максимума

$$\bar{g}(\bar{x}_0) = \bar{g}_0 + \bar{g}_1(\bar{x}_0) = \frac{m_0}{\sqrt{2\pi}\sigma_0} + \frac{m_1}{\sqrt{2\pi}\sigma_1} \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_1^2}\right). \quad (17)$$

Подставляя это в (16), получаем

$$\Delta J^R = \ln \left[\left(1 + \frac{m_1\sigma_0}{m_0\sigma_1} \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_1^2}\right) \right) / \left(1 + \frac{m_1}{m_0} \right) \right]. \quad (18)$$

График зависимости ΔJ_R от y показан на рис. 6, б. Из графика видно, что в типичном случае имеется зона положительной информативности, окруженная зоной, где информативность отрицательна. Стимул, попавший в эту последнюю зону, будет удалять восприятие от его цели, а значит, сопровождаться отрицательной эмоцией. Субъект будет стремиться тем или иным способом избежать таких стимулов. Одним из способов может быть физиологическое торможение. Известно, что и в анализаторах, и в центральной нервной системе очаг возбуждения обычно окружен зоной торможения. Сопоставляя этот факт с графиком на рис. 6, б, можно сделать предположение, что возбуждение и торможение суть механизмы отбора положительной, т. е. уточняющей и конкретизирующей представление, информации.

Динамика восприятия

Наше восприятие, подобно дыханию, удовлетворению голода и жажды, подобно многим другим функциям, организовано циклически. Цикл состоит из двух сменяющих друг друга фаз:

- а) адаптация представления к объекту;
- б) переключение внимания на другой объект.

Из ранее изложенного следует, что для того, чтобы стимул был информативным (а значит, воспринимае-

мым), должно существовать представление, достаточно близкое к этому стимулу. Совершенно новый стимул в известном смысле не воспринимается; но он формирует соответствующее представление, создает доминанту, которая в дальнейшем играет роль «функционального органа» для восприятия близких стимулов. На фоне этой доминанты рассогласование между параметрами стимула и представления переживается как потребность и порождает соответствующую мотивацию. Удовлетворение этой потребности происходит путем ассимиляции представлением близких стимулов. Если стимул длится достаточно долго, а его параметры при этом остаются постоянными, то параметры представления будут постепенно меняться, приближаясь к параметрам стимула, пока не сольются с ними: $x_0 + x_1$, $\sigma_0 \rightarrow \sigma_1$. Этот процесс обычно называют адаптацией, аккомодацией, привыканием и т. п.

Поступление стимулов, поток информации от объекта к субъекту переживаются последним как восприятие объекта и сопровождаются положительной эмоцией. Но поток информации, подобно потоку энергии или вещества, существует лишь до тех пор, пока существует «разность уровней» — рассогласование между объектом и представлением. По мере уменьшения рассогласования в ходе адаптации поток информации также уменьшается, а затем и прекращается. С ним прекращается и восприятие объекта.

Однако если система восприятия включена в более широкую функциональную систему, то цели этой последней могут требовать продления восприятия — вопреки адаптации. Продлить восприятие можно путем изменения параметров стимула — либо за счет изменения самого объекта во времени, либо за счет перемещения внимания по объекту (объект при этом должен, очевидно, меняться в пространстве). Оптимальное решение этой задачи дают два существенно различных типа изменений:

а) небольшие количественные, «нюансные» изменения значения признака. Признак меняется лишь настолько, чтоб новый стимул попадал на гребень кратера и обеспечивал поток информации за счет тангенциальной составляющей;

б) резкие, «контрастные» изменения, при которых объект становится, в сущности, иным, качественно отличным от прежнего. Цикл восприятия начинается за-

ново и поток информации обеспечивается за счет, главным образом, радиальной компоненты, конкретизации представления.

Нюанс, и контраст, небольшие количественные и резкие качественные изменения объекта — это и есть два основных принципа организации чувственного материала, способные длительное время поддерживать поток информации и эстетическое наслаждение. Нюанс растягивает процесс адаптации и длительность цикла, насколько это возможно; контраст начинает новый цикл, когда прежний исчерпал себя. Эти же два принципа неосознанно определяют и движение нашего внимания, когда оно активно перемещается по объекту в поисках наиболее информативных стимулов. Так, известный факт периодического переключения внимания с фигуры на фон и обратно есть проявление принципа контраста. Причина, по которой языки пламени или бегущий поток воды способны долго и без особых усилий удерживать наше внимание — их непрерывное нюансное изменение. Можно думать, что два типа движений глаз — скачки и дрейф — служат внешним выражением этих двух типов движения внимания. По-видимому, на этих же двух принципах основаны два типа чувственных ассоциаций, определяющих движение внимания по материалу памяти: ассоциации по близости (сходству или смежности) и ассоциации по контрасту.

Эти же два принципа — контраст, дающий возможность последующей конкретизации, и нюансное изменение — лежат в основе множества на первый взгляд совершенно различных приемов эстетической организации чувственного материала. Нет никакого смысла пытаться в короткой статье охватить их все. Мы только наметим общие принципы их классификации и проиллюстрируем их несколькими примерами.

Естественной основой такой классификации послужит нам выражение для эмоции (4):

$$E = \frac{\Delta J_R + \Delta J_T}{\Delta t}.$$

В соответствии с этим выражением все приемы, позволяющие организовать материал оптимальным образом и максимально увеличить E , можно разбить на три класса.

1. Приемы конкретизации представления (обогащение признаками, детализация, членение, контрастное прерывание стимула, повторение признаков или их комби-

наций и т. п.), создающие радиальную компоненту информации ΔJ_R .

2. Приемы нюансного изменения стимула, создающие ΔJ_T .

3. Приемы, сокращающие затраты времени Δt (сжатие информации, устранение лишнего, выделение главного, использование инициативы и сотворчества самого зрителя и т. п.).

Мы рассмотрим подробнее первые два класса приемов; что касается методов сжатия информации в искусстве, то они прекрасно изложены в работе [6] и нам нет надобности здесь их повторять.

Конкретизация

Еще в конце XIX в. русский психолог Н. Ланге сформулировал следующий закон восприятия: «Процесс всякого восприятия состоит в чрезвычайно быстрой смене целого ряда моментов или ступеней, причем каждая предыдущая ступень представляет психическое состояние менее конкретного, более общего характера, а каждая следующая — более частого и дифференцированного» [7, с. 1]. Если вы внимательны, то можете наблюдать этот процесс непосредственно: быстро откройте глаза и посмотрите, как устанавливается перед вашим взором картина мира. Сначала — общие расплывчатые пятна, которые постепенно конкретизируются и детализируются. Все занимает считанные доли секунды.

Итак, не только интеллектуальное, но и чувственное познание нормально протекает как движение от абстрактного к конкретному, как последовательная конкретизация первоначального общего представления и приближение его к реальности.

В некоторых случаях этот процесс можно искусственно растянуть и наблюдать более детально. Так, Леонардо да Винчи отмечал, что издали человек представляется в наиболее простом виде — в виде точки, лишенной каких-либо признаков: цвета, формы, деталей. По мере приближения этот образ все более конкретизируется, дифференцируется, усложняется. (Вероятно, по этой причине большинство людей предпочитают сидеть в транспорте лицом в сторону движения: тогда предметы

приближаются и их восприятие протекает нормально — как последовательная конкретизация.)

Конкретизация создает радиальную компоненту информации, а с ней и эстетическое наслаждение, тем более длительное и интенсивное, чем «глубже» иерархия детализации и чем ближе ее организация к оптимальной. Оптимальной является форма, которая только на первый взгляд кажется простой и позволяет верно охватить целое; но в то же время допускает последующее углубление в детали, открытие новых ступеней конкретности, информативность которых повышается по мере адаптации к предыдущим ступеням.

Так, в архитектуре сначала воспринимается общий объем сооружения, а на следующих ступенях происходят его последовательное членение и детализация. Архитектор должен позаботиться о том, чтобы эти ступени не вели в пустоту, чтобы на каждом шаге «вглубь» иерархии членений зритель получал новую информацию. Если в здании нет ничего, кроме общего объема, если членения отсутствуют, если сам материал лишен интересной фактуры, то «восхождение к конкретному» исчерпывается на первом же шаге, зрителю некуда и незачем идти и он отворачивается.

«Искусство — не алгебра, где упрощение фигур способствует успешному решению задачи; успех искусства не в сокращении, а в том, чтобы усилить, если это возможно, и продолжить ощущение, применяя все средства» [8, с. 297].

В музыке конкретизация происходит в форме «разработки» музыкальной темы, которая первоначально появляется в простейшем, свернутом виде, а затем детализируется и обогащается при повторениях.

В литературе автор также сначала дает нам общий, иногда чисто внешний портрет героя, углубляя и обогащая его в ходе дальнейшего повествования.

Когда поэт находит точное слово, уже смутно предчувствуемое читателям на основе ранее сказанного, здесь также эстетический эффект достигается за счет конкретизации, уменьшения неопределенности, сведения множества возможных вариантов к одному.

Основой эстетического воздействия многих литературных приемов (эпитет, сравнение, перечисление деталей и т. п.) является достигаемая с их помощью конкретизация представления. Фраза «на лестнице показался

рыжий кот» будет более информативна, конкретна и эстетична, чем просто «на лестнице показался кот». Григорович восхищенно вспоминает, как Достоевский дал ему урок литературного мастерства: его фразу «пятая упал к ногам» он исправил, добавив: «...звеня и подпрыгивая» [9, с. 130]. Эта конкретная деталь сразу сделала абстрактный образ видимым и слышимым.

Конкретизация объекта увеличивает разницу в определенности между объектом и представлением, необходимую для поддержания потока информации. Другая возможность восстанавливать время от времени эту разницу — увеличение неопределенности представления за счет прерывания стимула контрастным стимулом («фоном», «паузой»). Легкость переключения именно на контрастный стимул обусловлена тем, что по мере адаптации к стимулу его информативность падает, внимание все легче отвлекается от него. Но всякое отвлечение внимания от привычного стимула ведет, как известно, к появлению контрастного последовательного образа. Этот образ и создает новую доминанту, для которой наиболее информативными и привлекательными будут стимулы, контрастные к предыдущему.

Простейший художественный прием, дающий возможность контрастного прерывания стимула, — это наличие у объекта контрастного фона. Это позволяет вниманию время от времени отвлекаться на фон и затем вновь возвращаться к объекту.

Этой же цели служат различные приемы повторения стимула — в пространстве или во времени. Подчеркнем, что повторение не есть простое монотонное продолжение стимула, а непременно предполагает его прерывание стимулом, в чем-то отличным от данного, контрастным к нему. Прерывание стимула — простейший способ удержать на нем внимание, и он постоянно используется в сигнализации.

Ряд повторяющихся стимулов обладает своей внутренней динамикой. Первый элемент в этом ряду, как правило, сам еще не доставляет удовольствия — он только создает доминирующее представление. Только повторение других стимулов на фоне этой доминанты будет сопровождаться конкретизацией этого представления и чувством удовольствия. Если даже объект сам по себе не является прекрасным, момент эстетического удовольствия неизбежно сопутствует его повторному восприя-

тию и узнаванию. На этом обстоятельстве и основан ряд приемов искусства, которые объединяются общим принципом повторения.

Полное повторение, примерами которого могут служить метр и симметрия. При таком повторении совпадают все признаки повторяющихся элементов (кроме, разумеется, положения элементов в пространстве или времени).

Частичное повторение есть усложнение полного, когда совпадает только часть признаков. На частичном повторении построены такие приемы, как рифма (совпадение части фонем), ритм (совпадение части ударов), консонанс (совпадение части обертонов) и т. д. Во всех видах искусства находят применение связующие элементы, образованные по принципу частичного повторения. Их задача — служить «мостиком» для перехода между частями, не имеющими общих признаков. При этом связующий элемент частично повторяет признаки одной части, частично — другой. Так, в архитектурном ордере абак, связующий колонну и архитрав, по размерам своим принадлежит колонне, а по форме повторяет прямоугольные формы архитрава.

Подобие является усложнением простого повторения в другом направлении: здесь в элементах повторяются не сами признаки, а их **отношения** (высоты к ширине и т. п.). Простейшим примером подобия может служить пропорция.

Семейство. Дальнейшим усложнением подобия является прием организации элементов в семейство (термин мы вынуждены заимствовать из геометрии). Линии образуют семейство, если при переходе от одной линии к другой сохраняется комбинация признаков, задающая общее уравнение линии. Например, линия остается прямой, или параболой, или синусоидой и т. п. и меняются только ее параметры (наклон, амплитуда и т. п.). Частным, но важным примером семейства являются линии, сходящиеся в одном центре. Такие семейства возникают, например, при перспективных построениях.

Равновесие есть усложнение симметрии. Как и в случае симметрии, здесь имеет место равенство относительно некоторой оси или центра, однако не самих признаков, а их более сложных комбинаций. Так, для композиции, состоящей из черных пятен, уравнивающими величинами являются «моменты» — произведения веса

пятна на его расстояние до центра. Сам вес приближенно можно определить как произведение площади пятна на его плотность (точнее, на отклонение плотности от фоновой).

Совершенно очевидно, что описанное нами составляет лишь ничтожную часть того спектра безымянных приемов, которые используются в художественной практике. Комбинации, играющие в таких приемах роль повторяющихся признаков, могут становиться все более сложными, но при этом они неизменно должны удовлетворять одному условию: оставаться чувственно воспринимаемыми. Комбинации, повторение которых можно «почувствовать» лишь с помощью логарифмической линейки, не могут быть средством гармонизации формы и источником эстетического наслаждения. Но надо помнить, что возможности наших чувств в этом отношении очень велики, и часто мы интуитивно ощущаем гармонию там, где алгебра бессильна ее поверить. Более того, мы постараемся объяснить, почему высшие формы красоты начинаются лишь там, где кончаются владения алгебры.

Нюанс

На рис. 7 изображены три ряда точек. Первый из них попросту незакономерен; второй обладает четким правильным ритмом, в третьем мы видим легкие нюансные отклонения от этого ритма, сгущения и разрежения. Пройдитесь взглядом по каждому из этих рядов и проанализируйте свои ощущения. В первом случае вы словно спотыкаетесь на кочках и рытвинах — ощущение не слишком приятное. Движение по второму ряду лишено этих неприятностей и доставляет известное удовольствие,

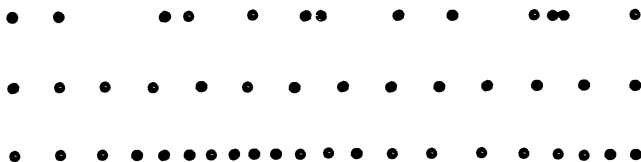


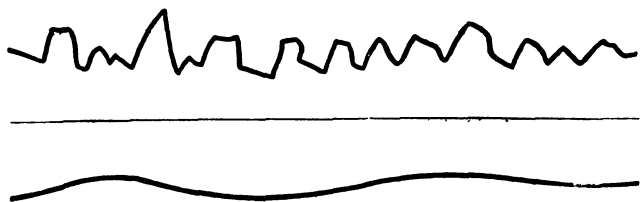
Рис. 7

но скоро становится скучным. При движении же по третьему ряду возникает легкое волнение — то страх потерять нечто неуловимое, то радость от его обретения.

Аналогичные чувства возникают и при движении глаза по трем линиям на рис. 8. Еще лучше, если вы представите себе, что это три дороги, по которым вы мчитесь, тогда в переживании будут участвовать не только зрение, но и другие ваши чувства. Легко вообразить себе непредсказуемые толчки и рытвины первой, ровную, но усыпляющую монотонность второй и ощущение плавного полета по третьей. Велосипедист и лыжник согласятся, что движение по плавной волнообразной кривой доставляет больше наслаждения, чем просто спуск по прямой.

Прямая линия — образец математической закономерности. Ей нельзя отказать в определенной строгой красоте. Однако Хогарт, специально исследовавший вопрос о красоте линии [10], справедливо нашел, что наибольшей привлекательностью обладает все-таки «живая» S-образная линия, слегка меняющая свой наклон и толщину.

Назовем эту форму закономерности с нюансными отклонениями живой, или реальной, закономерностью, поскольку сама жизнь, сама реальность с ее произвольностью, спонтанностью, действием множества неучтенных факторов демонстрирует нам именно эту форму закономерности. Эту живую закономерность мы наблюдаем на всех уровнях организации материи, начиная с самого низшего — механического. Так, планеты не движутся в точности по законам Кеплера: приливные силы, взаимное возмущение и т. п. факторы приводят к тому, что Солнечная система словно бы «дышит», слегка уклоня-



Р и с. 8

ясь от этих законов, соблюдая их только приблизительно, в среднем. Будь это дыхание чувственно осязаемым, оно, несомненно, произвело бы на нас более приятное эстетическое впечатление, чем строгая «музыка сфер», слишком напоминающая часовой механизм. Увы, это как раз тот случай, когда обнаружить такую закономерность нельзя одним лишь чувством, без посредства вычислений.

Но вот аналогичный пример из другой области: «Теперь присмотримся ближе к самому зданию Парфенона. Он как будто бы элементарно геометричен (прямоугольник в плане по восемь колонн на коротких сторонах, по семнадцать — на длинных, простая двускатная кровля — и все), а вместе с тем он производит впечатление одушевленного организма. Кажется, что он не выстроен на основе чертежа, с помощью линейки и циркуля, а «рожден» самой землей Греции, «вырос» на вершине ее холма. Откуда это ощущение живой телесности здания?

Оказывается, геометрическая правильность Парфенона на каждом шагу сопровождается легкими отклонениями от правильности. Например, колонны по углам поставлены теснее, чем в середине, и вообще промежутки между ними не равны. Благодаря этому шествие колонн вокруг целлы напоминает шествие людей: ведь как бы ни была размерена процессия, расстояния между идущими всегда колеблются... Горизонтальные линии Парфенона тоже не строго горизонтальны, они имеют некоторую кривизну, волнообразно приподнимаясь к центру и понижаясь по сторонам.

Вот такого рода отступления от правильной геометричности и уподобляют здание живущему организму — очень конструктивному, но чуждому абстрактности и схемы. И здесь, как в планировке, как во всем греческом искусстве, мы находим соединение тонкого расчета и чувственного жизнеподобия» [11, с. 83—84].

Легкая нюансировка, едва заметное «чуть-чуть», совершенно незначительное в количественном отношении, но с ним искусство приобретает качественно новое и чрезвычайно важное измерение — жизни, произвольности, игры, дыхания, свободы. Лиши красоту этого «чуть-чуть», которое почти невозможно измерить циркулем и выразить словами, — и красота умрет. И наше чувство, более верное, чем циркуль и линейка, нам ясно об этом скажет.

Вот еще два свидетельства

«Рассматривая изделия (колонны.— Г. Г.), изготовленные машиной, поражаешься их мертвому виду. Это только жалкие трупики когда-то полных жизни существ. Они напоминают колонны Древней Эллады в той степени, в какой пение металлического соловья может напоминать пение живой птицы. Машина выпускает абсолютно одинаковые колонны с одинаково углубленными каннелюрами, с одинаково однотипными штампованными профилями и т. п. Разве можно ожидать от этих унифицированных штампованных изделий былого очарования колонн Древней Греции, каждая из которых была глубоко индивидуальной?» [12, с. 8].

«Для древнерусской архитектуры не характерна канонизация симметрии, и многочисленные отступления словно признаны связывать форму храма с природой. Природа, которая натолкнула человека на мысль об использовании симметрии для организации предметных форм, подсказала ему и возможность отступления от строгого закона» [13, с. 82].

Чтобы понять, в чем здесь дело, обратимся снова к рис. 6. При точном повторении, строгой закономерности повторяющийся стимул каждый раз будет точно соответствовать представлению, т. е. попадать в центр кратера. Информативность его будет хотя и положительной (до тех пор, пока не наступила адаптация), но не максимальной. Максимальной она будет **при легких нюансных отклонениях от представления**, когда стимул попадает на **гребень кратера**.

Если в этих отклонениях есть своя закономерность, более сложная, то рано или поздно она будет схвачена субъектом, войдет в состав представления; стимулы перестанут быть нюансными, утратят свою повышенную информативность и способность доставлять наслаждение. Только абсолютная случайность в этом смысле неисчерпаема.

Прекрасное есть жизнь

В связи со всем сказанным на память невольно приходит оригинальная эстетическая концепция нашего соотечественника. Напомним ее.

«Прекрасное есть жизнь; прекрасно то существо, в котором мы видим жизнь такую, какова должна быть

она по нашим понятиям; прекрасен тот предмет, который выказывает в себе жизнь или напоминает нам о жизни» [14, с. 31].

Жизнь обладает многими чертами, и «напомнить» о ней можно многими способами. Важно понять, чему противопоставляется жизнь; какие специфические черты отличают жизнь от «нежизни».

Жизнь, как золотая середина, противостоит двум крайностям:

а) неорганизованному хаосу, разрушающему всякий порядок, «белому шуму»;

б) мертвому, машинообразному порядку, в котором не остается места для игры, случайности, а значит — для развития.

Жизнь есть оптимальное сочетание закономерности и случайности, жесткости и пластичности, верности прошлому и развития. Поэтому в наше представление о жизни наряду с другими входит и представление о ее спонтанности, произвольности. Неважно, обнаружит ли наука со временем за этой произвольностью жесткую, хотя и сложную закономерность, или она должна будет признать здесь, как в квантовой механике, конечное господство случая. Важно то, как представляется это нашему чувству. Однажды, проходя по улице, я увидел работу снегоуборочной машины. Движения механических лап, загребающих снег, были настолько осмысленными, деловитыми, целесообразными, что на миг возникла иллюзия: живое существо! Но вот цикл повторился раз, другой, третий — и иллюзия рассеялась: слишком точным было повторение.

Оказывается, нам вовсе не нужна эта механическая точность, наше чувство требует чего-то другого, для него более важного. Право ли здесь наше чувство или оно просто еще плохо воспитано? Право. Прежде всего потому, что саму закономерность можно ощутить лишь по контрасту с незакономерностью, лишь на фоне отклонений от нее; чистая закономерность вследствие адаптации вскоре попросту перестает восприниматься. Но дело не только в этом.

Признать права случайности — значит признать существование сил, нам еще неизвестных, значит сознательно ввести в нашу картину мира как законных ее участников Бесконечное и Неизвестное, которые, как бы ни расширился круг нашего знания, останутся вечными со-

седами и спутниками человека. Приятие этого соседства — высшая трезвость и высший реализм — и в искусстве, и в науке. И наше чувство учит нас этому реализму.

Человек формировался в постоянном присутствии неизвестного. Неизвестное, тайна — необходимый и законный элемент нашего мироощущения. И та картина мира, которая лишена этого элемента, самодовольно ограничена известным, не может считаться реалистической. Подлинный реализм — это такое изображение мира, которое дает нам намек на то, что лежит за пределами видимого и познанного. Реальность бесконечна, и конечное становится ее символом и представителем лишь в той мере, в какой оно умеет отразить эту бесконечность, в какой бесконечность просвечивает сквозь него. Чувственно ощущаемая случайность, спонтанность, легкие отклонения от закономерности, не затемняющие ее, а только оттеняющие — это и есть голос бесконечного, того, что стоит позади познанного нами. И наше чувство, столь чутко отвечающее на этот голос, есть верный инструмент, позволяющий отличить подлинно реалистичное и живое от всего абстрактного и механического, так же как от всего натуралистического, приземленного, ограниченного непосредственной видимостью.

Прекрасное — в жизнь!

Кому адресована эта работа? Меньше всего — художнику: ему она меньше всех нужна. Прежде всего — инженеру, технолог, организатору производства. В его руках — наиболее мощная, наиболее динамичная, наиболее агрессивная часть окружающей нас среды — техника. «Гуманизировать» технику, приблизить ее к человеку — значит организовать ее по законам красоты. Изложить для человека техники основные принципы такой организации, изложить на языке, близком к его представлениям, убедительном для него, — вот основная цель этой работы.

Искусство способно наиболее эффективно, оптимальным образом формировать наши представления, т. е. те «подвижные функциональные органы», без которых невозможно восприятие, понимание и оценка внешних стимулов. Темпы развития природы были достаточно медленными, и человек успевал к ним приспособиться, сфор-

мировать адекватные ей представления и потому чувствовал себя в гармонии с ней. Субъективным показателем этой гармонии служит эстетическое наслаждение, которое испытываем мы при встрече с природой. Темпы развития социокультурной среды (в частности, техники) намного выше, и человек во многих случаях просто не успевает за ними угнаться. В зрелом возрасте он зачастую вынужден отказаться от понимания многих областей современной жизни, не принимает новых мод и обычаев, избегает пользоваться новыми техническими устройствами и т. п. И положение его стало бы совсем безнадежным, если бы не помощь искусства. Недаром искусство как институт «воспитания чувств» возникает и развивается вместе с обществом. И все говорит за то, что потребность в нем и роль его в будущей жизни общества будут неизменно возрастать. Однако эта роль должна быть правильно понята.

Есть два пути к достижению свободы и гармонии относительно окружающей среды:

а) адаптировать свои представления к действительности;

б) изменять действительность соответственно своим представлениям.

Традиционное искусство с его материалами, жанрами и формами остается важным инструментом формирования представлений, адекватных действительности. Однако человеку в высшей степени свойствен именно второй, активный путь достижения свободы и гармонии — изменение самой действительности. И на этом пути роль искусства иная: это роль лаборатории, в которой создаются и проверяются новые формы и приемы организации чувственного материала. Создаются для внедрения в жизнь, в производство, в технику.

Сегодня человек техники тянется к искусству. Но как? Чаще всего — просто ходит по выставкам и концертам. Реже — берет этюдник и кисть и начинает писать березки и физиономии своих друзей. В свободное от работы время. Зная, что он заранее обречен на вторые роли, на роли подражателя и дилетанта. Между тем на работе его ждет разнообразный, эстетически неорганизованный материал, огромное поле деятельности, где он мог бы стать первооткрывателем.

Мне хочется вспомнить один пример. Однажды на заводском складе я увидел девочку, работающую на

электрокаре. Электрокар — примитивная машина, всего три простых движения: вперед—назад, влево—вправо и движение подхвата вверх—вниз. Но надо было видеть, как изящно могут вести себя электрокары, когда ими управляет умелая рука! Совмещение сразу нескольких движений, ни одного лишнего, плавность, целесообразность, точность, ритмичность — наглядная демонстрация всех законов искусства. Как жаль, что не было кинокамеры, — я уверен, что вам это доставило бы наслаждение не меньшее, чем художественная гимнастика или танец на льду. Это и был танец, танец на электрокаре, тем более впечатляющий, что рядом ее партнер демонстрировал, как еще можно работать на этой машине: ударить по куче ящиков — и чуть не развалить ее; подхватить — и с трудом дотянуть до места; развернуться — и увидеть, что ехать некуда. Был ли он плохо обучен или от природы так неуклюж — не берусь определить. Контраст показывал длину пути, который можно пройти здесь от обыкновенного к прекрасному. Чем так интересен этот пример?

Дизайн занимается статикой вещей; но в эстетической организации не меньше нуждается динамика трудовых процессов. Как сделать труд на конвейере наслаждением? Как снять психическое напряжение оператора, который должен часами следить за пустым экраном? Как помочь водителю удерживать внимание на монотонной дороге и не заснуть? — все это те же самые задачи, которые решает художник, когда хочет удерживать внимание и интерес читателя своим рассказом.

Сегодня мы включаем на конвейере музыку, раскрашиваем стены цеха, расставляем цветы, т. е. идем по пути внешнего украшения, который настоящее искусство всегда отвергало как ложный. Вместо этого следовало бы так организовать труд, чтобы сделать красоту его собственным свойством. И лишь человек, в совершенстве знающий этот материал и технику обращения с ним, способен это сделать. Нет никаких оснований заранее отвергать мысль, что этот материал, будучи организован в эстетическое целое, не окажет воздействия той же глубины и мощи, что безразличные сами по себе звуки, когда они соединяются в музыку. Насколько же это более трудная и благодарная задача, чем дилетантское кропанье березок!

Но не только труд — вся наша жизнь должна строиться по законам красоты. Мы много говорим сегодня о повышении интенсивности и сложности жизни, об увеличении числа стрессогенных факторов; но задачу свою зачастую понимаем только как негативную: снизить, а еще лучше устранить отрицательные эмоции. Мы забываем, что лучшее лекарство против отрицательных эмоций — эмоции положительные, что первые переходят во вторые при надлежащей организации восприятия. И потому можно и нужно видеть свою задачу радикальнее: превратить стрессогенные факторы в факторы эстетические.

Даже если будут выполнены все социальные и экономические условия человеческого счастья, все это будут только условия необходимые, но еще не достаточные. Человек и в самых благоприятных условиях еще не будет счастлив, если не научится управлять своими чувствами. А управлять — значит организовывать свои представления и чувственный материал вокруг себя по законам эстетики.

Конкретные приемы такой организации, естественно, имеют в каждой области свою специфику и должны стать предметом специального изложения.

Литература

1. Полак Л. С. Вариационные принципы механики. М., 1960.
2. Голицын Г. А. Динамическая теория поведения. — В кн.: Механизмы и принципы целенаправленного поведения. М., 1972, с. 5—33.
3. Голицын Г. А. Выбор и доминанта. — В кн.: Проблемы принятия решений. М., 1976, с. 309—317.
4. Анохин П. К. Эмоция. БМЭ. Изд. 2-е.
5. Шрейдер Ю. А. Об одной модели семантической теории информации. — В сб.: «Проблемы кибернетики». Вып. 13. М., 1965.
6. Рудь И. Д., Цуккерман И. И. Искусство и теория информации. — В кн.: Художественное и научное творчество. Л., 1972.
7. Ланге Н. Психологические исследования. Одесса, 1893.
8. Делакруа Э. Дневник. М., 1961.
9. Григорович Д. В. Из «Литературных воспоминаний». — В кн.: Достоевский в воспоминаниях современников. Т. 1. М., 1964.
10. Хогарт В. Анализ красоты. М.—Л., 1958.
11. Дмитриева Н. А. Краткая история искусств. Вып. 1. М., 1968.
12. Борисовский Г. Б. Парфенон и конвейер. М., 1971.
13. Сомов Ю. Композиция в технике. М., 1974.
14. Чернышевский Н. Г. Эстетические отношения искусства к действительности. — В кн.: Избранные статьи. М., 1978.



Ю. К. Орлов,
кандидат физико-математических наук

НЕВИДИМАЯ ГАРМОНИЯ

Посвящать алгеброй гармонию — занятие древнее. И нужно отдать справедливость, результаты бывали блестящие. Вспомним хотя бы Пифагора с его анализом колебаний струны. В Новое время эту работу продолжили Лейбниц и Эйлер, Юнг и Гельмгольц. Подробнее об этом можно прочесть в прекрасной книге Г. Анфилова «Физика и музыка» (М., «Детская литература», 1964).

Но незаметно эти исследования соскользнули в область анализа материального фундамента музыки, ее «строительного материала» — звука, в область акустики и физиологии слуха. Аналогично исследования в области живописи переходят в физику и химию красок, в биофизику и психофизиологию зрения. Количественный анализ текстов также тяготеет либо к лингвистике, либо к стилистике, которую можно считать «индивидуальной лингвистикой». Но вне поля зрения естественных наук остается художественное произведение как самостоятель-

ный феномен. Кроме открытого во времена незапамятные «золотого сечения», диктующего самые общие пропорции художественного целого, за последние две тысячи лет не было найдено ни одной количественной закономерности, существенно связанной не с материалом художественного произведения, а с его формой.

Нельзя сказать, что попытки не делались. И в средние века, и в эпоху Возрождения многие увлекались числовой магией, и совсем не бесплодными были эти занятия. Достаточно вспомнить Иоганна Кеплера с его поисками небесной гармонии. Но именно с точки зрения познания законов искусства ничего существенного не открылось. Может быть, именно потому, что плоды интеллектуального познания пытались непосредственно переносить в творческую практику.

Я держу в руках грампластинку с мессой нидерландского композитора Якоба Обрехта (1430—1505 гг.) «Super Maria Zart» Supraphon 1 12 0464). На лицевой стороне глянцевого конверта — затейливая числовая пирамида. А на оборотной стороне конверта дирижер Мирослав Венгода пишет: «Д-р Маркус ван Кревел напечатал в 1959 г. смелую статью о мессе «Subtuum praesidium», в которой обнаружил поистине фантастическую основу скрытой структуры обрехтовской музыки. В 1964 г. появилась его следующая работа, еще более полная и развернутая, о мессе «Maria Zart».

Давно известно, что художники средневековья не ограничивались в творчестве чисто внешним специфическим материалом своего искусства, т. е. музыкант — звуком, художник — красками и т. п. Все творцы той эпохи исходили из одних и тех же определенным образом стабилизированных основ, поступая в соответствии с определенными общественными правилами, исходящими из философской структуры, принятой в определенную эпоху в определенном месте. Художник трудился не только на основе чувства, как мы могли бы предположить, но и знания: требовалось, чтобы одновременно он был и ученым. Обрехт в совершенстве знал метафизику неоплатонизма и космологию неопифагорейцев, он, несомненно, находился под воздействием исканий Пико делла Мирандолы, первого представителя Ренессанса, познавшего кабалистическое учение и попытавшегося перенести его в христианство. Итак, главное у Обрехта — число и числовой план, взаимосвязь чисел, арифметические и геометриче-

ские ряды, золотое сечение, символика чисел и имен. Все заранее продумано, все размеры детально рассчитаны и начерчены, каждая музыкальная тема имеет заранее установленную длительность и момент окончания, каждое имя или напоминание определенной личности появляется точно в месте пересечения числовых связей, отвечая соответствующей символике данного имени. Музыкальная композиция у Обрехта подобна кафедральному собору, созданному гениальным архитектором».

Это произведение, таким образом, обладает некоей зашифрованной структурой, предельно ясной для автора, но абсолютно скрытой от слушателя. Расшифровка этой структуры — чисто интеллектуальное мероприятие, не имеющее ничего общего с эстетическим восприятием. И как бы ни относиться к такой музыке (иным она нравится, иные скучают), трудно отделаться от мысли, что она вряд ли ухудшилась, если бы ее форма не имела своего невидимого фундамента ².

Но вот вопрос: если мало проку в искусстве от невидимых для аудитории структур, создаваемых с помощью нашего радио, то не поискать ли другие структуры, также невидимые, но невидимые не только слушателю (читателю, зрителю), но и автору произведения? Если такие структуры обнаружатся и окажутся при этом достаточно общими, не зависящими от конкретных особенностей произведения, его стиля, жанра и т. д., то это будет означать, что найдены некие универсалии, существенно связанные с теми или иными аспектами эстетического восприятия, самой природы красоты и гармонии. Разумеется, эти общие для произведений искусства закономерности должны быть одновременно еще и специфическими закономерностями, например, они должны разрушаться при том или ином искусственном разрушении произведения искусства; если это закономерности статистического типа, то должно быть исключено действие «закона больших чисел», когда некая упорядоченность возникает как бы сама собой.

Но что искать?

² Похоже, что суперинтеллектуальные конструкции современных композиторов — той же природы, например, «музыкальный палиндром» Стравинского «Памяти Дайлана Томаса», третья часть которого зеркально, в обратной последовательности повторяет первую. Заметить это на слух решительно невозможно.

Любое произведение искусства — это сложно организованное целое, состоящее из множества сравнительно простых элементов. В литературе это — слова, в музыке — звуки, в живописи — краски. За редкими исключениями один элемент легко отделяется от другого, некоторые из них совпадают; например, в предыдущем предложении трижды повторен предлог «в». Семь (точнее, 12) нот в октаве дают огромное разнообразие мелодий; невозможно отказаться от их повторения (запрет на повтор внутри всего лишь двенадцатитоновых мелодических последовательностей, введенный Арнольдом Шенбергом, до неузнаваемости преобразил музыку — вот какая важная штука повтор!). Причем сразу видно, что некоторые элементы повторяются часто, другие же, наоборот, редки. Подсчеты типа какой элемент как часто встречается в произведениях того или иного жанра или автора, лежат в основе стилистического анализа, давно уже доказавшего свою эффективность. Но именно индивидуальность значений частот тех или иных элементов, характеризующая тот или иной стиль, не позволяет отыскать на этом пути общих, не зависящих от индивидуальных особенностей автора закономерностей.

Однако существует совершенно иной подход к изучению количественного состава сообщения. В начале нашего века француз Эсту (J. Estoup) задумал создать систему стенографии на научной основе. Ему пришла в голову здравая мысль: стенографический значок должен быть тем проще, чем чаще встречается то слово, которое он обозначает³. Чтобы получить сведения о частотах слов, Эсту составил словарь, который мы сегодня называем частотным. Слова в этом словаре располагаются не по алфавиту, а в порядке убывания частоты их встречаемости в том или ином тексте (или наборе текстов).

По-видимому, Эсту был пытливым и любознательным человеком. Иначе он вряд ли занялся бы делом, весьма далеким от стенографических проблем. Он заметил, что

³ Сегодняшний кибернетик сказал бы, что Эсту занялся проблемой статистического согласования кода с каналом связи. Аналогичное согласование производил когда-то и Морзе. В его азбуке (для латинского алфавита) самый простой значок — точка соответствует самой частой (в английских текстах) букве «е»; с уменьшением употребительности буквы усложняется ее морзевский код. Результатом такого согласования является общее уменьшение элементарных символов в сообщении.

можно отвлечься от левой колонки словаря (где слова), и стал рассматривать только правую колонку (где числа). Оказалось, что если частоту самого частого слова умножить на единицу (т. е. оставить как есть), частоту второго слова умножить на 2, третьего — на 3 и т. д., то получаемые произведения меняются незначительно и можно записать приближенное равенство: $p_i \times i \approx K = \text{const}$, где p_i — частота i -го слова в списке, упорядоченном по убыванию частот. В таком виде Эсту и опубликовал свой результат в 1916 г.

Эсту не заметил, что если его равенство переписать в виде функциональной зависимости p_i от его порядкового номера i :

$$p_i \simeq \frac{K}{i} \quad (i=1, 2 \dots), \quad (1)$$

то мы получим ту самую гармоническую последовательность чисел, которую в незапамятные времена получил Пифагор для колебаний струны и которая лежит в основе так называемого натурального звукоряда (а так как все прочие музыкальные звукоряды можно рассматривать в качестве приближений к натуральному, то и всех музыкальных шкал вообще). По-видимому, эта аналогия имеет глубокий смысл (жаль, что в этой статье нет возможности рассмотреть ее подробнее), но основная ценность подхода Эсту не в этом. Частоты слов считали и до него, но он впервые абстрагировался от самих слов и стал рассматривать только их частоты. Полученное им обобщение носит чисто количественный характер, из него следует лишь, что десятое, например, по употребительности слово должно иметь в десять раз меньшую частоту, чем самое употребительное, а слово, стоящее на сотом месте, в сто раз меньшую частоту, но какие это слова, формула не сообщает. Принципиальный характер этого обстоятельства осознался далеко не сразу, и только сейчас мы начинаем понимать, что встретились с закономерностями совершенно новой и весьма странной природы.

Но — по порядку.

Результат Эсту оказался незамеченным и не оцененным современниками. Десять лет спустя к похожему результату пришел сотрудник Телефонных лабораторий фирмы «Белл» Э. Кондон (E. Condon) — ему частоты слов понадобились для оптимизации телеграфных кодов.

Еще через десяток лет вышла книга американского лингвиста Ципфа (Georg Zipf) «Психобиология языка». Собственно с этой книги начинается естественнонаучный подход к такой традиционно гуманитарной дисциплине, как лингвистика. И хотя сейчас многие построения Ципфа звучат наивно, великой его заслугой является демонстрация самой возможности говорить о гуманитарных предметах на языке чисел и графиков. Заслуга Ципфа оказалась настолько признанной, что сейчас найденную Эсту и Кондоном закономерность называют «законом Ципфа», хотя Ципф лишь повторил и расширил наблюдения Эсту и Кондона и дал им содержательную интерпретацию.

Считалось, что «закон Ципфа» — языковой закон. Нематематики по простоте душевной считали, что p_i — просто вероятности слов в нашем языке, и мы наблюдаем частоты слов, «порожденные» этими вероятностями. Математики же снисходительно пожимали плечами и доказывали лингвистам, что если их рассуждения верны, то в нашем языке должно быть гораздо меньше слов, чем их зафиксировано даже в не очень полных словарях.

В самом деле. Сумма всех вероятностей всех слов должна быть равна единице — такова природа вероятностей. Величина K , по оценкам лингвистов, равна приблизительно одной десятой. Суммируем:

$$0,1 (1/1 + 1/2 + 1/3 + \dots + 1/i + \dots + 1/v) = 1.$$

Чтобы это равенство оказалось возможным, сумма в скобках должна равняться 10. Это возможно лишь в том случае, если число членов v заключенного в скобки гармонического ряда будет около 22 000. Меньше нельзя и больше нельзя.

Но в языке не 22 000 слов, а значительно больше! Даже в двуязычных словарях обычно содержится 50—80 тысяч, толковые словари содержат более 100 тысяч, но и это не все! В толковые словари слова отбираются весьма придирчиво по признаку их «литературности», при этом за бортом остается специальная терминология (например, в 17-томный Толковый словарь АН СССР еще попало слово «триод», но отсутствуют термины того же ряда: «пентод», «тетрод», «октод» и т. п.), всякого рода «непечатная» лексика, жаргоны и т. д. и т. п. По грубым оценкам, «генеральный» словарь языка содержит несколько сот тысяч (до миллиона) слов. Так что число

22 000, следующее из закона Ципфа, непригодно в качестве даже самой грубой оценки «генерального словаря».

Нужно отдать должное Ципфу — он вполне оценил силу этого парадокса (недооцениваемого многими и по сегодняшний день). Во второй своей книге «Человеческое поведение и принцип наименьшего усилия» (1949 г.) он уточнил, что закон может быть справедлив не для всяких лексических выборок, а таких, словарь которых составляет около 22 000 слов. По оценкам Ципфа, объем таких выборок должен быть около двухсот тысяч словоупотреблений. Он назвал этот объем «оптимальным объемом»: при уменьшении выборки ее словарь уменьшался, а при увеличении — увеличивался, и набор частот обнаруживал отклонения от теоретической формулы.

Со стороны это выглядело, конечно же, несолидно. «Подгоняет эксперимент под теорию». И вообще какая-то мистика — что за закон, исключений из которого явно больше, чем правил! И откуда взялись эти двести тысяч, каков их лингвистический смысл? Вопросы эти надолго повисли в воздухе.

Тем временем начался штурм с другого конца. Б. Мандельброт (B. Mandelbrot) в начале 50-х годов подошел к этому закону как кибернетик. Он исследовал процессы оптимизации кодирования. Если слово составлено из букв, а сообщение — из слов, то разумна постановка такой задачи: как соотносятся друг с другом частоты слов в случае, если мы хотим сократить доминируемое общее число букв в сообщении, не теряя его смысла? Оказалось, что если мы выполним кодирование наилучшим способом (при котором наиболее часто употребляемые слова окажутся одновременно и самыми короткими), частоты слов выстроятся в такую закономерность:

$$p_i = \frac{K}{(B+i)^{\gamma}}; K, B \text{ и } \gamma — \text{const.} \quad (2)$$

Эта закономерность включает в себя «закон Ципфа» как частный случай. Если константу B положить равной нулю, то формула Мандельброта (2) перейдет в формулу Кондона, а если еще дополнительно положить $\gamma=1$, то — в формулу Ципфа (1).

Мандельброт получил свою формулу чисто теоретически. Благодаря большому числу констант эта формула оказалась более гибкой, в частности, лучше описывающей

зону наиболее частых слов в таких языках, как, например, русский.

Казалось бы, все хорошо. Прояснилась причина, «выстраивающая» частоты слов в упорядоченный ряд,— оптимизация кодирования. Наш язык — в интерпретации Мандельброта — является системой, ответственной за эту оптимизацию. В процессе многовекового развития система языка самооптимизировалась, частоты слов выстроились в определенную последовательность; наиболее часто употребляемые слова действительно короче остальных, по крайней мере в среднем. Попутно найдена более общая форма этой закономерности...

Но неприятности остались. Интерпретация Мандельброта подводила теоретический фундамент под концепцию Ципфа о «языковой» природе этого закона. (Подробнее об этом можно прочесть в книге Дж. Пирса «Символы, сигналы, шумы». М., «Мир», 1967. Это единственная популярная книга на русском языке, рассказывающая о законе Ципфа. Правда, эта фамилия в ней транслитерируется как Зиф.) И ей пришлось взять на себя некоторые следствия этой концепции. Во-первых, если оптимизация происходила в системе языка, то и следствия ее должны носить тоже общезыковой характер: каждое слово должно обладать постоянной вероятностью употребления. Во-вторых, набор этих общезыковых вероятностей слов, описываемый формулой (2), должен экспериментально наблюдаться на очень больших выборках, и чем больше мы возьмем выборку, тем точнее наблюдаемые частоты должны соответствовать теоретическим вероятностям (2).

Ни того ни другого на практике не обнаружилось. На очень больших выборках наблюдаемые частоты явно не ложились на формулу (2), и чем больше были выборки, тем больше были расхождения. И постоянства частот слов тоже не обнаружилось. Кто-то остроумно заметил: «Достаточно встретить в начале книги слово «лемма», как будешь твердо уверен, что до конца этой книги не встретишь слова «любовь». В разных текстах на одних и тех же местах частотного списка оказывались совершенно различные слова. Так что устойчивость наборов частот оказалось совершенно невозможно объяснить существованием «общезыковых» вероятностей слов.

Да и парадокс «оптимального объема» остался. Правда, в случае формулы Мандельброта (2) этот объем не

обязательно должен быть равен 200 000 словоупотреблений, он может быть любым, но все равно для каждого данного текста такой объем имеет единственное значение. Ситуация похожа на анекдотический закон, связывающий оптимальный возраст невесты с возрастом жениха (я вычитал его в одной из книг Н. Паркинсона):

$$\text{оптимальный возраст невесты} = \frac{\text{возраст жениха}}{2} + 7 \text{ лет.}$$

Если жениху 20 лет, невесте должно быть 17; если жениху 40, невесте 27 и т. д. Мы, конечно, не будем вдаваться в проблемы взаимоотношений этого «закона» с реальностью, но обратим внимание вот на какую его черту: для любой пары людей приведенное соотношение может в точности выполняться лишь в один-единственный момент времени. Например, через двадцать лет тому бывшему жениху, которому в момент свадьбы было 20 лет, станет 40, жене же его будет 37 лет, а вовсе не 27, как требует приведенная формула.

Именно таким свойством обладает и закон Эсту—Кондона—Ципфа—Мандельброта: диктуемые им количественные соотношения могут наблюдаться лишь на выборках некоторого определенного фиксированного объема. На всех остальных объемах неизбежны отклонения. Тот объем, на котором этот закон выполнен точнее всего, естественно назвать «объемом Ципфа» в честь человека, впервые задумавшегося над этим странным обстоятельством.

* *

*

Приведем основные количественные соотношения, характеризующие «объем Ципфа» в случае, когда константа γ в формуле (2) равна единице (по ряду причин этот случай можно полагать практически наиболее важным).

Пусть на «объеме Ципфа» Z самое частое слово встретилось ровно F_1 раз. Тогда относительная частота этого слова будет равна $p_1 = \frac{F_1}{Z}$. Абсолютная частота самого редкого слова на лексических выборках неизбежно равна 1 (в любой выборке всегда встречаются — притом

в большом количестве — слова, каждое из которых встретилось ровно один раз; именно это обстоятельство, в сущности, и ответственно за парадокс «оптимального объема» — «объема Ципфа»). Следовательно, относительная частота самого редкого слова равна $p_v = \frac{1}{Z}$. Сумма же всех частот, определяемых формулой Мандельброта, должна быть равна единице:

$$\frac{K}{B+1} + \frac{K}{B+2} + \dots + \frac{K}{B+i} + \dots + \frac{K}{B+v} = 1$$

при условии, что

$$p_1 = \frac{F_1}{Z} = \frac{K}{B+1} \text{ и } p_v = \frac{1}{Z} = \frac{K}{B+v}.$$

Из этих трех уравнений можно отыскать три величины: K , B и v . Мероприятие не очень простое, поэтому мы не вдаемся в детали решения, получаем:

$$K = \frac{1}{\ln F_1}; B = \frac{K}{p_1} - 1, \quad (3)$$

а объем словаря на «объеме Ципфа» v равен:

$$v = KZ - B. \quad (4)$$

Но в любой лексической выборке всегда очень много разных редких слов, каждое из которых встретилось 1, 2, 3 ... раза. Этого формула Мандельброта не предусматривает. Если ее понимать буквально, то частоты всех слов должны быть разными. Чтобы согласовать эту зону частот с формулой Мандельброта, нужно допустить, что число разных слов v_m , каждое из которых встретилось на выборке объемом Z единиц ровно m раз каждое, равно:

$$v_m = \frac{v}{m(m+1)}. \quad (5)$$

Удивительный смысл у этой формулы. Слов, встретившихся ровно один раз каждое ($m=1$), должно быть $v_1 = \frac{v}{2}$, т. е. половина всего словарного запаса v выборки. Слов, встретившихся по 2 раза каждое, должно быть

$v_2 = \frac{v}{2 \cdot 3} = \frac{v}{6}$; по 3 раза — $v_3 = \frac{v}{3 \cdot 4} = \frac{v}{12}$ и т. д. Т. е. ред-

ких слов должно быть чрезвычайно много; в то же время есть небольшая группа очень частых слов и плавный переход между этими группами ⁴.

Простое разглядывание формул (3) и (4) показывает, что величины K и B в формуле (2), а также словарь выборки v однозначно определяются ⁵ через ее объем Z и частоту самого частого слова p_1 (или F_1). Относительную частоту самого частого слова в реальных выборках можно считать постоянной. Поэтому основной определяющей величиной является «объем Ципфа» Z . При возрастании Z уменьшаются значения K и B и возрастает словарь v ; при уменьшении Z — картина обратная. Если мы рассматриваем выборки, набор частот которых следует закону Ципфа—Мандельброта,

$$p_i = \frac{K}{B+i}; \quad i=1, 2, \dots, v,$$

то видим удивительную картину — с изменением их объема Z меняется систематически набор составляющих их частот (рис. 9). С точки зрения обычных статистических представлений такая картина является абсурдом; совершенно немыслимо построить такую статистическую совокупность, на случайных выборках из которых наблюдалась бы такая картина (как совершенно немыслимы муж и жена, для которых все время выполнялось бы «оптимальное соотношение» возраста жениха и невесты). А отсюда следует, что система языка, как нечто единое, никак не может порождать таких закономерностей.

Но тогда откуда же они берутся?

Тривиальная (и весьма популярная) точка зрения

⁴ Очень похожий закон известен в экономике как «закон Парето». Он описывает распределение людей по получаемым доходам; это, так сказать, «закон социального неравенства». Сходные зависимости известны в экологии, демографии, информатике и мн. др. Можно считать, что подобные зависимости возникают как результат установления некоего равновесия в сложных системах. К сожалению, в данной статье нет возможности коснуться этого интересного вопроса, но любознательного читателя можно отослать к работам Мандельброта, Шрейдера, Козачкова, Ланге (список в конце статьи).

⁵ Читателя-математика следует предупредить, что в рассматриваемой интерпретации выражения (2—5) сами по себе не имеют вероятностного или статистического смысла. Их следует рассматривать как формальные приближения наблюдаемых на выборочных данных зависимостей.

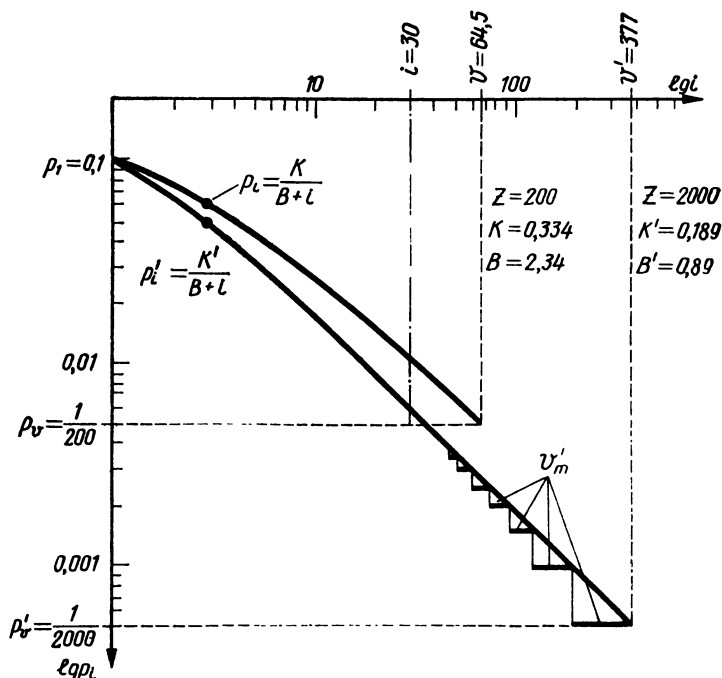


Рис. 9. Частотные кривые (условно изображены непрерывными линиями) для двух выборок разного объема, каждая из которых выполняет закон Ципфа—Мандельброта. Чем меньше объем выборки, тем раньше обрывается частотный ряд (2). Так как сумма каждого из рядов равна единице, в меньшей выборке весь набор частот идет выше набора частот большей выборки. Объемы выборок на этом рисунке взяты того же порядка, что и крайние объемы музыкальных текстов в табл. 1 (см. ниже). Если мы просуммируем 30 наибольших частот (левее вертикального штрихпунктира) в меньшей выборке, то получим число 0,82. Это доля текста, «покрытого» 30 наиболее частыми элементами. Аналогичная величина для большей выборки составляет 0,59, т. е. с ростом длины текста должна падать доля употреблений наиболее частых элементов (слов и т. п.). Сравните числа 0,82 и 0,59 с фактическими значениями покрытия музыкального текста 30 самыми частыми элементами (8-й столбец табл. 1). Сравнивая, нужно учесть, что частота самого частого элемента в реальных текстах нередко заметно отличается от величины 0,1, которая была принята при вычерчивании этих графиков.

Константы K и K' , B и B' вычислены по формулам (3); общее количество разных элементов v — по формуле (4). Жирные площадки в нижней части рисунка, образующие «лесенку» со ступеньками переменной длины, идеализированное представление зоны редких элементов; длины этих ступенек вычисляются по формуле (5)

сводится к тому, что формулы Эсту—Кондона—Ципфа—Мандельброта просто-напросто являются очень плохим и грубым приближением к реальности. И действительно, очень часто фактические данные реальных выборок вовсе не ложатся на эти формулы, как ни подберишь входящие в них константы. Это обстоятельство стимулирует изобретение всяческих сложных зависимостей, призванных лучше аппроксимировать наблюдаемое. Однако на этом пути «чем дальше в лес, тем больше дров», и ничего по-настоящему убедительного, универсально описывающего наблюдаемые факты не появляется.

А если отказаться от поисков универсального и поискать специфику, когда же закон Ципфа все-таки выполняется? И когда можно ожидать, что он будет нарушен?

Формулы (2—5) позволяют это сделать очень простым способом, так как в них полностью решена проблема подбора констант. Если договориться считать, что $\gamma=1$, Z равен фактическому объему выборки, а p_1 — фактически наблюдаемой частоте наиболее частотного слова на этой выборке, то есть теоретический набор частот для данной выборки выстраивается однозначно. А вот лягут ли на него эмпирически наблюдаемые частоты — это уже совсем другое дело.

Результат подобного сопоставления оказался совершенно ошеломляющим. Формулы (2)—(5) оправдывались почти всегда, когда сравнивались с частотными данными отдельных литературных произведений. И наоборот, они почти никогда не описывали произвольные лексические выборки (отрывки из отдельных произведений и наборы многих текстов в одну выборку, вроде той, которая легла в основу «Частотного словаря русского языка» под редакцией Л. Н. Засориной. М., «Русский язык», 1977).

Другими словами, закон Эсту—Кондона—Ципфа—Мандельброта оказался законом не языка, а текста. Законом отдельного чрезвычайно высокоорганизованного сообщения, рассчитанного на привлечение внимания максимально широкой аудитории. Нехудожественные тексты (научные, технические, философские) выполняли этот закон, если можно так выразиться, с большой натяжкой. Огромные выборки, претендующие представлять «язык в целом», не выполняли его вовсе.

Следует задуматься вот над чем: если мы действительно имеем дело с законом, специфическим для про-

изведений искусства, то никак нельзя ограничиться анализом только литературного материала.

Но тут встают дополнительные проблемы. В литературных произведениях мы считали такие естественные единицы, как слова. Но что считать, например, в музыке?

Просто звуки — как-то неинтересно. Одна отдельно взятая нота — не музыка ни с какой стороны. Только выслушав две ноты подряд, мы можем ждать какого-то продолжения. Две ноты одну за другой музыканты называют мелодическим интервалом.

Набрали статистику мелодических интервалов в различных текстах композиторов-романтиков. Выстроили набор частот в убывающем порядке. Полученные числа хорошо улеглись на убывающую экспоненту — в точности, как буквы в обычных текстах. Результат и обнадежил, и заставил крепко задуматься. С одной стороны, явная языковая аналогия, явный намек на единство информационных закономерностей. А с другой стороны, буква — не слово, и ждать на этом уровне каких-нибудь специфических закономерностей не приходится. Но что является «музыкальным словом»? Как членить непрерывную мелодию на какие-то музыкальные сегменты, в которых был бы сохранен некий «музыкальный смысл»?

В музыковедении есть мотивы и субмотивы, периоды и фразы, но... Дайте двум музыковедам один и тот же нотный текст и попросите их разбить содержащиеся в нем мелодические последовательности на мотивы — они не сделают этого одинаково. Да еще гордо заявят, что какая-то часть текста на мотивы не разбивается (поспорив предварительно друг с другом, какая это часть)...

Чтобы не быть голословным, процитирую учебник «Музыкальная форма», изданный под редакцией профессора Ю. Н. Тюлина (М., «Музыка», 1974). «Часто оказывается не ясным, представляет ли собой мотив объединение двух (трех или более) небольших интонационных оборотов или же мотивом является каждый из них. В подобных случаях устанавливать их точные границы невозможно, а потому и бессмысленно. Мотивы могут чередоваться мелодическим движением, не имеющим явно мотивного значения. Иначе говоря, они могут возникать на известном расстоянии друг от друга».

Ясно, что мотивы, которые имеет в виду учебник, совершенно непригодны для количественного анализа. И можно лишь пожалеть, что далеко не все музыковедче-

ские работы, посвященные этим вопросам, так бесстрашно откровенны в признании полной неспособности выделить структурную музыкальную единицу. А без нее нечего и думать начинать что-нибудь считать. Все числа повиснут в воздухе.

Проблему разрешил молодой тбилисский музыковед М. Г. Борода. Базируясь на принятых в музыковедении представлениях о ритмических и метрических тяготениях звуков друг к другу, он выделил строго формальную единицу, которую так и назвал: «формальный мотив» («Ф-мотив»). Он сформулировал правила членения мелодической линии на Ф-мотивы с математической точностью, к сожалению, при этом пришлось сильно поступиться достоверностью изложения.

Чтобы составить какое-то (неполное и приблизительное) представление об Ф-мотиве, приведем в порядке приоритета основные правила членения мелодической последовательности звуков на Ф-мотивы:

1. Если в мелодии имеются звуки неравной длительности, то окончание Ф-мотива приходится всегда на звук более долгий, чем последующий, и никогда не может быть перед более долгим звуком.

2. В случае равнодлительных звуков окончание Ф-мотива приходится на звук, находящийся на более слабой доле такта, чем последующий звук.

Вот как разбивается в соответствии с этими правилами знаменитый «Чижик» (рис. 10, а).

«Чижик» образует первый Ф-мотив, так как третья нота приходится на относительно более сильную долю такта, чем вторая (правило 2). Второй Ф-мотив образован совершенно аналогично. Третий Ф-мотив не может



Рис. 10, а, б

окончиться на втором звуке второго такта, так как третий звук длительнее (правило 1), в результате чего образуется Ф-мотив из трех звуков.

Как видно из примера, Ф-мотив — единица переменной длины (как и слово). Практически длина Ф-мотива колеблется от одного звука (наверное, это соответствует именно тому случаю, когда музыковед скажет, что здесь нет мотива) до пяти звуков подряд (довольно редкая конструкция). Вот пример (тема из второй части Пятой симфонии Чайковского), в котором на коротком отрезке мелодии встречаются Ф-мотивы всех пяти практически встречающихся длин ⁶ (рис. 10, б).

В среднем Ф-мотив содержит два с небольшим звука, и (любопытно) эта величина очень мало меняется в зависимости от стиля, жанра и автора.

Кроме правил разбиения мелодических последовательностей на Ф-мотивы, нужно еще задать правила отождествления Ф-мотивов друг с другом. В примере с «Чижиком» совершенно ясно, что первый и второй Ф-мотивы тождественны. Но мелодия может быть сыграна в любой тональности и останется в основном сама собой. Поэтому разумно отождествлять все Ф-мотивы, которые можно преобразовать друг в друга с помощью параллельного перемещения всех звуков по высоте (так называемого секвентного переноса) ⁷.

⁶ Все границы между Ф-мотивами в данном примере проставляются согласно правилу 1. После ритмически нерасчленимой триольной группировки следуют два звука нарастающих длительностей, образующие совместно с триольной группировкой пятизвуковой Ф-мотив. Второй Ф-мотив образуется аналогично. Третий Ф-мотив — как бы ритмически упрощенный вариант первых двух. За ним следует однозвучной Ф-мотив (второй звук четвертого такта). В сущности, он является своего рода эмоциональной кульминацией мелодии, после которой начинается слом ее восходящего движения (характерный «надрыв» Чайковского). Если проиграть мелодию, выделяя Ф-мотивы небольшими ударами и люфт-паузами, то становится наглядно-ясной ее ритмическая структура. Так что Ф-мотивный анализ может быть полезен и в педагогической и исполнительской практике, способствуя прояснению логики музыкальной мысли.

⁷ Нужно заметить, что Ф-мотив допускает много вариантов использования. Можно, например, отказаться от анализа звуковесотных соотношений внутри Ф-мотива и рассматривать только его ритмическую структуру (можно при этом выписывать Ф-мотивы на одну нотную линию, как партию барабана). Можно использовать и более обобщенную типизацию Ф-мотивов в целях стилистического анализа, как, например, это сделала ленинградский музыковед Т. Н. Овсянникова.

Таким образом, благодаря представлению об Φ -мотиве можно разбить (однозначно!) мелодическую последовательность на кусочки, имеющие некий «музыкальный смысл» (нигде это разбиение не ощущается, как искусственно навязанное мелодии), и притом без пропусков. Важно еще подчеркнуть, что для такого разбиения не нужно заглядывать в нотный текст дальше, чем на одну ноту вперед, и сделать это может даже человек, который, глядя в ноты, не слышит мелодии. Есть и четкое правило отождествления Φ -мотивов друг с другом. Все это позволяет начать подсчеты⁸.

Работа эта весьма кропотливая. Нотный текст переписывается на маленькие бумажные карточки — каждое употребление каждого Φ -мотива на отдельную карточку. Затем карточки сортируются таким образом, чтобы одинаковые Φ -мотивы оказались вместе. После их пересчета может быть составлена «словарная картотека» Φ -мотивов. Если ее переписать в порядке убывания частоты Φ -мотивов, получим музыкальный частотный «словарь».

Таким способом М. Г. Борода пересчитал около сорока музыкальных текстов, созданных за четыре последних столетия — от Монтеверди до Хиндемита и Шостаковича. Так же как и в случае слов, некоторые Φ -мотивы чрезвычайно употребительны, другие же очень редки и с уменьшением частоты растет число разных Φ -мотивов, имеющих эту частоту. Так, например, в Третьей сонате Шопена 29 разных Φ -мотивов употреблены по 4 раза каждый, 48 Φ -мотивов — по 3 раза, 237 — по 2 раза и по одному разу употреблено 100 разных Φ -мотивов⁹.

Итак, и в случае слов средняя длина и сложность Φ -мотивов нарастают с уменьшением их частоты. Если среди самых частых Φ -мотивов преобладают одно- и двухзвуковые, то среди однократно употребленных Φ -мотивов «задают тон» трех- и четырехзвуковые (рис. 11).

⁸ Следует подчеркнуть, что приведенные правила разбиения, обнажая внутренний смысл предложенной единицы, тем не менее недостаточны для практической работы с ней. Трудности состоят в определении относительно сильных и относительно слабых долей такта в случае сложных размеров. Для их преодоления нужно обратиться к работам М. Г. Бороды и осилить более сложные правила разбиения.

⁹ В лексических выборках наиболее распространены однократно употребленные слова (см. формулу (5)). В музыкальных текстах максимум разнообразия нередко приходится на двухзвуковые Φ -мотивы. Это связано, как считает М. Г. Борода, с распространенностью в музыкальных текстах разного рода реприз.

Обращает на себя внимание, что вместе с усложнением ритмической структуры редких Φ -мотивов расширяется и их интервалика, усложняется ладо-гармоническая основа. Все это сильно напоминает мандельбровтовскую схему оптимального кодирования, согласно которой более сложные кодовые конструкции должны быть более редкими.

И действительно, наборы частот Φ -мотивов отдельных музыкальных текстов великолепно укладывались на цип-



Рис. 11

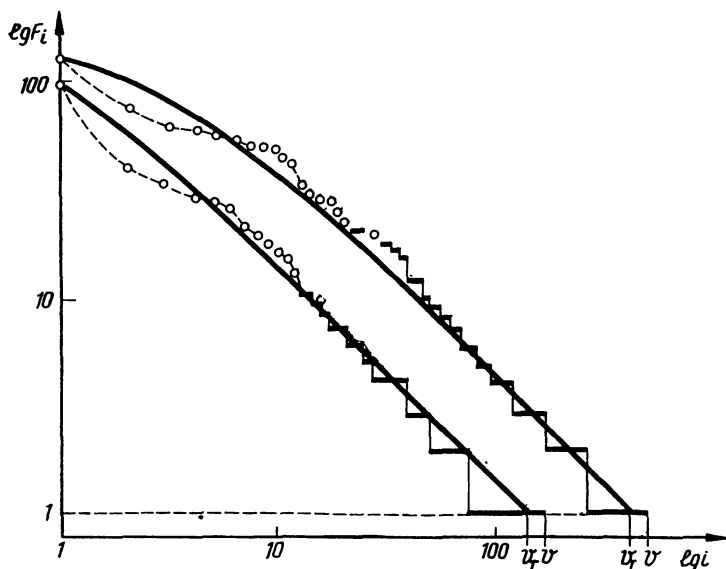


Рис. 12. Частотные кривые третьей сонаты Шопена (верхний график) и прелюдии и фуги И. С. Баха из «Хорошо темперированного клавира» т. 2, № 2 (нижний график). Теоретические кривые изображены, как и на рис. 9, сплошными линиями. Следует подчеркнуть, что никакой подгонки «по точкам» и подбора параметров кривых не производилось, все константы в формуле Мандельброта (2) вычислялись по формулам (3), а исходной информацией для расчета служили лишь полная длина текста Z в количестве Φ -мотивов и абсолютная частота F_1 наиболее употребительного Φ -мотива. Константа γ принята равной 1

фо-мандельбровские теоретические кривые, вычисляемые по формулам (2—5). В качестве примера на рис. 12 приведены частотные графики. Характерны примеры таких уникальных Φ -мотивов третьей сонаты Шопена и уникальных Φ -мотивов прелюдии и фуги И. С. Баха из «Хорошо темперированного клавира», т. 2, № 2. В отличие от рис. 9 на рис. 12 изображены не относительные, а абсолютные частоты (в противном случае графики налезали друг на друга и получается неразбериха). Поэтому из рис. 12 нельзя отчетливо разглядеть самое удивительное следствие того обстоятельства, что большая соната (полное число всех «мотивоупотреблений» $Z=2364$) и сравнительно небольшая прелюдия и fuga ($Z=671$) обе выполняют закон Ципфа—Мандельброта — они написаны по-разному. В полном соответствии с рис. 9 на кото-

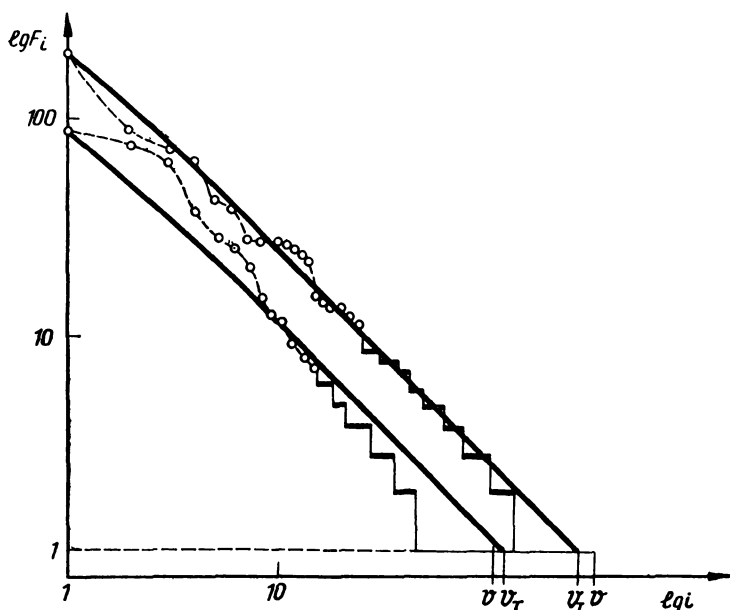


Рис. 13. Частотные кривые прелюдии и фуги И. С. Баха из ХТК, т. 2, № 22 (верхний график) и отрывка из этого текста — только прелюдии (нижний график). Теоретические кривые вычислялись так же, как и для рис. 12. Легко видеть, что частотная кривая отрывка существенно разошлась со своей теоретической кривой (избыток частых Φ -мотивов при недостатке редких). Как видно из столбца 8 табл. 2, эта ситуация является довольно типичной для отрывков.

ром частотная кривая для более короткого текста идет выше такой же кривой для текста более длинного, прелюдия и fuga Баха содержат больше часто употребляемых Φ -мотивов, чем соната Шопена. Если мы просуммируем относительные частоты тридцати наиболее частых Φ -мотивов в прелюдии и фуге, то получим число 0,70 (т. е. 70% нотного текста составляют 30 наиболее употребительных Φ -мотивов). Аналогичная величина для сонаты равна 0,49.

Но, может быть, это просто стилистические особенности Баха и Шопена? Может быть, Бах более склонен к повторению некоторых найденных формул и «вколачиванию» их в сознание слушателя, а Шопен, композитор-романтик, стремится к разнообразию?

Берем значительно большую прелюдию и фугу

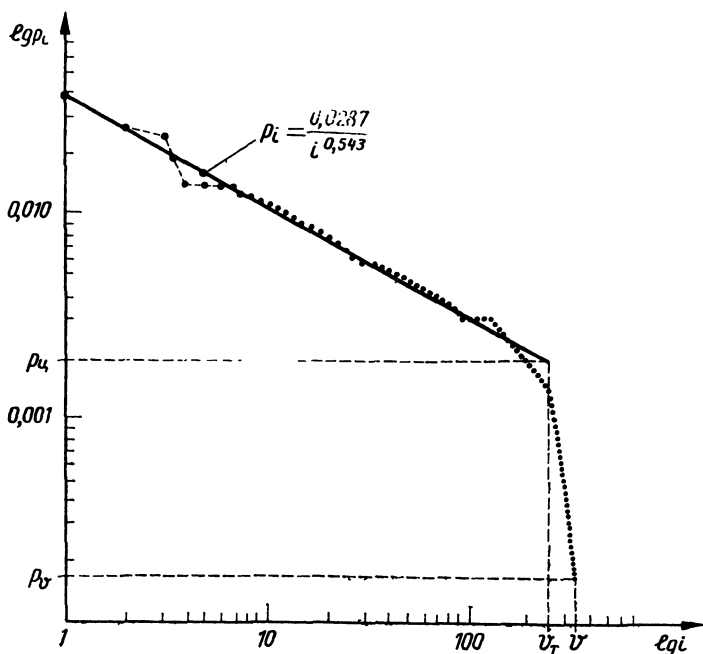


Рис. 14. Распределение долей цветных площадей в картине И. Левитана «Над вечным покоем». Теоретическая кривая построена «по точкам» для начального участка кривой (формулы (3—5) выведены для существенно дискретного случая анализа частот, а доля цветовой площади — величина непрерывная, поэтому эти формулы в данном случае не могут «работать» в принципе)

И. С. Баха (ХТК, т. 2, № 22; см. верхний график на рис. 13). Она тоже хорошо укладывается на теоретическую кривую. Если зависимость доли частых элементов от полной длины произведения нам не померещилась, то в данном случае доля тридцати наиболее употребительных Φ -мотивов должна иметь промежуточное значение между первым текстом Баха и сонатой Шопена. И действительно, она равна 0,61. И примерно такое же значение этой величины имеет романтическая Первая баллада (почти в 3 раза меньшая, чем третья соната!) Шопена, т. е. этот показатель не характеризует авторский стиль — он зависит от длины произведения, и зависимость эта носит (в пределах какого-то разброса, разумеется) универсальный характер: чем больше автор художественного произведения собирается сказать, тем меньше он должен повторяться, и наоборот.

Приведенные примеры, конечно, специально подобраны, чтобы пояснить эту мысль. Обозреть весь имеющийся материал нет, разумеется, никакой возможности. В табл. 1 собраны данные о некоторых музыкальных произведениях, созданных за последние три столетия. Произведения упорядочены по возрастанию их полных длин в числе употреблений всех Φ -мотивов (столбец 3). Столбец 4 содержит сведения об относительной частоте употребления наиболее частого Φ -мотива p_1 ; в столбце 5 находится число различающихся Φ -мотивов, так сказать, « Φ -мотивный запас» (по аналогии со «словарным запасом»). Последний, 8-й столбец таблицы (о столбцах 6 и 7 чуть ниже) содержит долю текста, «покрытую» 30 наиболее частыми в этом тексте Φ -мотивами. Легко видеть, что как тенденция уменьшение этой доли с ростом длины текста не подлежит сомнению. Особенно характерно то обстоятельство, что эта доля неизменно уменьшается с ростом длины текста в произведениях одного композитора (ср. тексты Скарлатти, Шопена и Шостаковича).

Табл. 1 содержит еще одну интереснейшую величину — теоретический « Φ -мотивный запас» для данного текста, вычисляемый в предположении, что этот текст (на своем объеме Z и при своем значении $F_1 = p_1 Z$) идеально выполняет закон Ципфа—Мандельброта. Эта теоретическая величина, вычисленная по формуле (4), содержится в столбце 6.

В столбце 7 дано относительное отклонение этих теоретических прогнозов от фактических « Φ -мотивных запас-

Таблица 1

№ пп	Т е к с т	Число Ф-мотивов в тексте, Z	Частота наиболее частого Ф-мотива, p_1	Число разных Ф-моти- вов, ν	Теор. число разных Ф-моти- вов, ν_T	Отклоне- ние ν_T от ν , %	Сумма частот 30 наибо- лее частых Ф-моти- вов
1	Скарлатти. Соната № 1	250	0,119	72	72,4	+ 0,5	0,812
2	Скарлатти. Соната № 13	568	0,099	119	139	-26,8	0,562
3	Бетховен. Рондо ор. 51, № 1	624	0,096	162	150	- 7,5	0,665
4	И. С. Бах. Прелюдия и fuga ХТК, т. 2, № 2	671	0,143	168	147	-12,7	0,697
5	Шостакович. Прелюдия и fuga ор. 87, № 9	677	0,216	143	134	- 6,3	0,730
6	Левитин. Сонатина для скрипки соло	760	0,147	159	160	+ 0,5	0,703
7	Гартини. Соната для скрипки соль-минор	828	0,065	218	204	- 6,5	0,517
8	Шопен. Первая баллада	892	0,094	206	199	- 3,5	0,606
9	Шостакович. Прелюдия и fuga ор. 87, № 12	1297	0,084	317	274	-13,5	0,658
10	Гайдн. Симфония № 45 («Прощальная»)	1304	0,044	340	317	- 6,7	0,476
11	И. С. Бах. Прелюдия и fuga ХТК т. 2, № 22	1430	0,136	310	269	-13,2	0,612
12	Хиндемит. Соната для скрипки соло	1456	0,058	376	324	-13,8	0,576
13	Прокофьев. Соната для скрипки соло	1519	0,075	398	318	-20,0	0,505
14	Шопен. Третья соната	2364	0,053	504	485	- 3,8	0,489

сов» (в процентах). Более чем в половине случаев эти отклонения не превышают 10%; среднее отклонение по всем обследованным сорока текстам (по данным М. Г. Бороды) составляет около 9%, при этом теоретические прогнозы обычно слегка занижены по сравнению с фактическими данными¹⁰.

Картина существенно меняется, если мы нарушим художественное единство и вместо целого произведения возьмем его часть. На нижнем графике рис. 13 изображена частотная кривая только прелюдии (без фуги), ХТК т. 2 № 22, график которых изображен на этом же рисунке вверху.

Человек, знакомый с хрестоматийной статистикой, может сказать, что с уменьшением выборки разброс точек увеличивается: «взяли выборку поменьше, вот и вышло похуже». Но если внимательно приглядеться к нижнему графику на рис. 12 прелюдии и фуги ХТК т. 2 № 2 того же объема, что и объем только прелюдии из № 22, то можно заметить, что малый объем отнюдь не мешает произведению, не подвергнутому «вивисекции», выполнять закон Ципфа—Мандельброта. Картина эта является типической — нарушение целостности произведения всякий раз приводит к деформации его частотного графика.

Некоторое представление о величине этих деформаций дает табл. 2, в которой собраны данные об отдельных частях некоторых произведений, а также о наборах разных произведений (общего происхождения) в одну выборку. Организована эта таблица так же, как и табл. 1.

Легко видеть, что отклонения теоретических прогнозов от фактических «Ф-мотивных запасов» значительно больше, чем в случае цельных текстов — они достигают 100%. Покрытие текста тридцатью наиболее частыми

¹⁰ Максимальное наблюдаемое отклонение составило 26,8% (соната № 13 Скарлатти). Статистик может заметить, что разброс, достигающий ± 20 —25%, слишком велик. И он действительно слишком велик, если допустить, что в основе описываемых закономерностей лежит традиционный статистический механизм, вроде случайного выбора шаров из урны. С другой стороны, относительные изменения порядка 10—25% типичны для экспериментальной психологии, когда исследуется способность человека замечать относительные изменения яркости, громкости, тактильного давления и т. п. (известный закон Вебера—Фехнера о постоянстве дифференциального порога восприятия). Если человек согласует музыкальный «словарь» текста с его полным объемом, он делает это именно с той точностью, с какой ему позволяет это делать природа человеческого восприятия.

Таблица 2

№ пп	Т е к с т	Число Ф-мотивов в тексте, Z	Частота наиболее частого Ф-мотива, p_1	Число разных Ф-моти- вов, u	Теор. число разных Ф-моти- вов, u_T	Отклоне- ние u_T от u , %	Сумма частот 30 наибо- лее частых Ф-моти- вов
1	Гайдн. Симфония № 45, часть 4	234	0,145	94	65	—30,8	0,762
2	Прокофьев. Соната для скрипки соло, часть 2	237	0,076	136	76	—44,1	0,548
3	Хиндемит. Соната для скрипки соло, часть I	268	0,209	77	67	—13,0	0,817
4	Левитин. Сонатина для флейты, финал	331	0,335	39	70	+79,5	0,968
5	Шопен. Третья соната, часть 2	362	0,157	42	89	+111,0	0,964
6	Шостакович. Ор. 87, № 12, прелюдия	367	0,150	118	91	—22,9	0,755
7	Шостакович. Ор 87, № 9, fuga	525	0,278	70	105	+50,0	0,884
8	Хиндемит. Соната для скрипки соло, часть 5	556	0,131	58	129	+123,0	0,951
9	И. С. Бах, ХТК т. 2, № 22, прелюдия	586	0,155	116	130	+12,1	0,831
10	Прокофьев. Соната для скрипки соло, часть I	668	0,129	127	150	+18,1	0,727
11	И. С. Бах, ХТК т. 2, № 11, fuga	844	0,229	194	160	—17,5	0,6943
12	Шостакович, ор. 87, № 12, fuga	930	0,117	200	133	—33,5	0,741
13	Скарлатти. Выборка из клавирных сонат	1263	0,044	425	304	—28,5	0,386
14	Бах. Выборка из «Хорошо темперированного клавира»	2852	0,098	406	506	+24,6	0,528

Ф-мотивами особенно велико в тех случаях, когда фактическое число разных Ф-мотивов в тексте много меньше теоретического прогноза — см. строчки 3, 4, 5 и 8. Так что, по-видимому, не случайно серьезные музыканты никогда не исполняют отдельных частей сонат, как бы ни была «выигрышна» та или иная часть сонаты. И дело тут, видимо, не только в пиетете перед автором музыки — часть написана иначе, чем такое же по объему отдельное произведение¹¹.

Итак, мы имеем дело со специфической закономерностью свойственной произведению искусства как конечному и замкнутому целому. Закономерность эта, в сущности, ничего не навязывает автору — он волен выбирать любые компоненты, употребляя одни чаще, другие реже, определяя тем самым стиль своего произведения. Но он должен определенным образом дозировать частые и редкие элементы, и дозировка эта определяется такой тотальной характеристикой произведения, как его полная длина.

Но ведь когда произведение пишется, его полная длина как нечто физически реальное еще не существует! Это еще только планы, расчеты, намерения в голове автора. И он, сообразуясь с еще не существующим целым, должен выдержать определенную стратегию дозировки частых и редких Ф-мотивов. И если нечто похожее на мандельбровское «оптимальное кодирование» происходит при сотворении музыки, то оно происходит с учетом будущей длины произведения. Необходимость выполнения закона Эсту—Кондона—Ципфа—Мандельброта в некотором смысле индивидуализирует форму и фактуру произведения, заставляя совершенно по-разному подходить к

¹¹ Можно заметить из сопоставления табл. 1 и 2, что во всех случаях покрытие текста 30 наиболее частыми Ф-мотивами на частях текста заметно выше, чем на всем тексте в целом. Это связано с тем, что каждая часть имеет свои характерные интонации, не свойственные другим частям; при соединении этих частей средние по всему тексту частоты соответствующих Ф-мотивов, естественно, падают, и тем в большей степени, чем более индивидуализированы части. То же самое происходит и с наиболее употребительными Ф-мотивами: в каждой части оказывается свой «излюбленный» Ф-мотив, который оказывается редким или вовсе отсутствует в других частях. Это обстоятельство свидетельствует о содержательности понятия Ф-мотива, о том, что с помощью этой единицы можно выделять действительно характерные черты музыки.

«конструированию» отдельного произведения и такой же по длине части более крупного произведения, произведения небольшого и «грандиозного полотна».

В общих чертах это было давно известно (в таких примерно терминах: «сонатная форма сложнее простой трехчастной»; «крупная форма характерна более развитой драматургией»), но никто никогда не задумывался над самой возможностью существования количественной меры этой сложности, не зависящей от индивидуальности автора, от его стиля, эпохи и жанра. И сам автор не подозревает, что в потоке вдохновения он должен считать и контролировать количество употребленных им элементарных мелодических конструкций. Но раз эта титаническая работа происходит, решительно никем не замечаясь, значит, она происходит в сокровенных глубинах нашего естества. Осознаем мы, видимо, лишь конечный результат этой работы: недаром про хорошее произведение искусства говорят, что в нем нельзя ничего ни прибавить, ни убавить. И очень крепко сидит в нас это ощущение полноты, законченности, гармоничности целого.

Итак, Евтерпа, Эрато, Полигимния и Каллиопа, не без помощи своей матери Мнемозины, оказались тайными поклонницами математики. Урания в этом деле давно и открыто увязла по уши, Клио держится в сторонке. Ну, а Талия, Мельпомена, Терпсихора?

К синтетическим искусствам — театру, кино, опере, балету — вообще непонятно, как подойти. Эти «художественные сообщения» не расчленяются на дискретные элементы, текут непрерывно во времени и в пространстве. То же самое можно сказать и о пластических искусствах — графике, скульптуре, архитектуре, несмотря на невообразимую стандартизацию современной архитектуры. Но даже к таким «непрерывным» искусствам подчас может быть найден достаточно естественный количественный подход без их искусственной дискретизации.

Рассмотрим живопись. В первом приближении живописное полотно представляет собой плоскость, покрытую красками различных цветов. Участки, покрытые одним цветом, могут иметь самую разнообразную форму, и какая-либо классификация этих форм — дело довольно туманное, хотя и не представляется безнадежным совсем. Но существует одна совершенно естественная характеристика цветового пятна — его площадь.

Я нашел в литературе глухие упоминания о том, что кто-то, где-то, когда-то измерял площади картины, покрытые тем или иным цветом. Но создалось впечатление, что при этом интересовались распространенностью, употребительностью различных конкретных цветов, никто не интересовался, как соотносятся в одной картине доли площадей, покрашенных разными цветами, каковы пропорции различных цветов внутри картины.

В 1971 г. я предложил эту проблему в качестве темы для дипломной работы Б. А. Волошину, в ту пору дипломанту кибернетического факультета Тбилисского государственного университета.

Малый срок, отведенный для дипломной работы, делает ее выводы предварительными, тем не менее цифры, полученные Б. А. Володиным, оказались настолько интересными, что я подробно опишу их, хотя и отдаю себе отчет в том, что более широкие и тщательные исследования могут заставить, возможно, многое пересмотреть.

Бралась хорошая типографская репродукция картины. Такие репродукции в настоящее время передают практически все детали картины, а общее смещение цветовой тональности, часто свойственное таким репродукциям, в данном случае роли не играет — важен не абсолютный цвет, а лишь различия между цветами. Из репродукции вырезались участки, которые глазом воспринимались как одноцветные, и затем эти кусочки сортировались — те, которые казались окрашенными одинаково, складывались вместе. Затем эти кучки взвешивались на аналитических весах — бумага, на которой печатаются репродукции, достаточно однородна по толщине, чтобы вес вырезанных кусочков можно было считать пропорциональным их площади.

При всем несовершенстве подобной процедуры у нее есть важное достоинство — идентификация цвета происходит с учетом реальной цветоразличающей способности человеческого глаза. Правда, известно, что разные люди видят по-разному. Поэтому для выполнения работы по разрезанию репродукций были привлечены разные люди, которые разрезали одинаковые репродукции.

В первую очередь выяснились удивительные числовые совпадения. В самых разных картинах (были взяты «Украинская ночь» Куинджи, «Над вечным покоем» Левитана и плакат «Расцветай, любимая страна» Джишкариани) доля, занятая доминирующим цветом, колебалась

от 0,04 до 0,11 площади картины (в этот интервал попадают все цифры, полученные от разных экспертов). Если приглядеться к табл. 1, то видно, что это абсолютно тот же интервал, в который попадает и относительная частота наиболее употребительного Ф-мотива в отдельных музыкальных текстах. И в тот же интервал попадают, как правило, частоты наиболее частых слов в самых различных языках. Любопытно, что когда анализировалась не картина целиком, а отдельные ее части, разброс этой величины увеличивался до $0,027 \div 0,128$. Так что уже на уровне этого простейшего показателя чувствуется глубокое родство количественной стороны организации сообщений самой различной природы.

Но весь набор долей цветowych площадей картины на ципфовско-мандельбровские кривые никак не укладывался! Никакой подгонкой параметров в формуле Мандельброта (2) не удавалось добиться сколько-нибудь приемлемого совпадения. На билогарифмическом графике кривая долей цветowych площадей имела крутой перегиб, состоя как бы из двух участков, соединенных под углом. Характерный вид такого графика изображен на рис. 14 («Над вечным покоем» Левитана).

Но начальный (левый) участок графика — практически прямолинеен. Это значит, что доминирующие в данной картине цвета, занимающие в совокупности более 95% площади картины и более двух третей ее цветowego «словаря», могут быть приближены формулой (2), если в ней положить $B=0$ (при этом получается формула Кондона). Но множество мелких цветowych пятен, составляющих в совокупности весьма заметную долю цветowego «словаря» картины, решительно не укладывалось на продолжение прямой линии, весьма успешно приближающей начальную часть графика. Этих пятен оказывалось гораздо больше, чем их было бы, если бы «закон Кондона» выполнялся в картине до конца. Например, в картине Левитана должно было бы быть примерно 260 разных цветowych оттенков, а реально их обнаружено 341. «Лишние» 33% разных цветов занимают при этом всего 4,6% площади всей картины.

Из работ по фиксации движений глаз хорошо известно, что наш взгляд не задерживается на равномерно окрашенных поверхностях. Он скользит по контурам и въедается в детали: При этом существует зона наиболее ясного видения с угловым диаметром около $1,3^\circ$. Естествен-

но возникал вопрос — а каков угловой размер пятен, цвета которых попадают в зону перегиба?

В предположении, что пятна круглые, с учетом предпочтительного расстояния для рассматривания использованных репродукций, была получена оценка их ориентировочного углового размера — $0,3^\circ$ — $0,6^\circ$. Но большинство пятен имело форму, весьма далекую от круглой, поэтому «габаритные» размеры пятен заметно больше. Так что можно было считать, что перегиб цветовой кривой лежит именно в той зоне, когда цветовые пятна начинают целиком проецироваться на центральную часть сетчатки (фовеа) нашего глаза.

Художникам хорошо знаком эффект субъективного преувеличения размеров тех деталей, на которых сосредоточено наше внимание. В одном из художественных руководств мне довелось увидеть два изображения одной и той же сцены: женщина с маленькой девочкой увертывается от наезжающей автомашины в потоке городского транспорта. На одном рисунке эта сценка была изображена «объективно» — зритель смотрит с противоположной стороны тротуара, крошечные фигурки теряются под нависшими громадами многоэтажных домов. На втором рисунке та же сцена с той же точки изображена так, как ее видит заинтересованный и сочувствующий человеческий глаз — с резким преувеличением фигур женщины и девочки и ближайших к ним предметов, в частности, наезжающей автомашины. В последнее время эти представления получили серьезное подтверждение в результате исследования нейрофизиологических механизмов нашего зрения (см., например, статью К. Левитина «Прекрасный мир подробностей». — «Знание — сила», 1978, № 8, с. 19).

Итак, если наш глаз скользит по деталям, он субъективно преувеличивает их размер. Это и делает понятным перегиб цветовой кривой — для глаза эти мелкие пятна больше их объективных размеров. Можно даже попытаться условно оценить степень этого преувеличения. Несложный расчет показывает, что для того, чтобы все 341 обнаруженный цветовой оттенок уложились на продолжении теоретической кривой, площадь картины должна стать примерно на 16% больше, что вместе с реальными 4,6%, занятыми мелкими цветовыми пятнами, составит около 20%, следовательно, общее увеличение площади, занятой малыми цветовыми пятнами, — почти пятикратно, что превосходит увеличение театрального бинокля

(обычные театральные бинокли имеют двукратное линейное увеличение, что соответствует четырехкратному увеличению площадей).

При анализе не всей картины, а отдельных ее участков цветовые кривые заметно деформировались, начальный прямолинейный участок оказывался короче, доля площади, приходящаяся на отклонившийся «хвост», возрастала. Резко отличными от «нормальных» картин оказались параметры формулы Мандельброта K , B и γ для плаката Джишкариани, и любопытно, что именно плакат совершенно не имел «хвоста», все точки до конца улеглись на теоретическую кривую — это естественно объясняется отсутствием в плакате всякой мелкой детализации.

Остается лишь пожалеть, что после окончания университета Б. А. Волошину не удалось вернуться к этой работе и продолжить ее.

* * *

Когда знакомишь людей с изложенными фактами и соображениями, заключаешь, что в какой-то миг до слушателя доходит глубочайшая невероятность происходящего, и тогда вялое вежливое внимание сменяется энергичным протестом.

Не может быть.

Это, конечно, нормальная человеческая реакция. Для меня это сигнал о том, что мой собеседник, наконец, понял, о чем идет речь. Я надеюсь, что читатель уже пережил этот момент и не отложил чтения, посчитав читаемое завиральной галиматьей.

Сам я пережил нечто подобное после долгих безуспешных попыток построить такую статистическую совокупность, на любых выборках из которой ожидаемое число однократно встретившихся элементов равнялось бы половине ожидаемого «словаря» этой выборки. Наконец, было получено прямое доказательство невозможности достижения поставленной цели. И тогда стало, наконец, понятно, почему формула (4) иногда блестяще прогнозировала словарь текста, а иногда ошибалась на 30, 50, 100%. Она попросту не могла хорошо работать всегда. Ее природа сродни «соотношению Паркинсона».

Невероятное началось с содержательного анализа удач и неудач этой формулы. И тогда стало окончательно

но ясно, что в случае отдельных цельных произведений происходит, как правило, именно то, что не должно происходить, если причиной происходящего считать какой бы то ни было «автоматический» статистический механизм.

И осталось только одно: воля, целеустремленное человеческое усилие, расчет и предвидение конечного результата. Воля и расчет, совершенно неосознаваемые в отличие от обрехтовского конструирования. Более того, композитор, вознамерившийся сознательно выполнить в своем произведении закон Ципфа—Мандельброта, окажется в положении известной сороконожки, которая, задумавшись, как она ходит, не смогла сделать ни шага.

А вот не задумываясь, даже не подозревая о том, что они делают, писатель, художник и композитор выполняют сложнейшее согласование великого множества входящих в их произведения компонентов друг с другом, и делают это единообразно. Значит, зачем-то им всем это нужно. И, стало быть, нужно для нас всех — их аудитории. Просто они глубоко чувствуют природу человеческого восприятия, которая почему-то требует именно этих соотношений. И композитор, не подозревая об этом, знает, что каждый из нас, наслаждаясь музыкой, считает Ф-мотивы и придиричиво устанавливает, сколько из них разных. Если достаточно много — можно ждать продолжения. Если их число падает — можно ждать конца. Слишком мало — затянута, скучища зеленая... (Не дай бог довести до этого состояния!)

Тут хочется вспомнить о феноменальных счетчиках. Есть люди, единым взглядом сосчитывающие доски в заборе. Читая текст («с выражением», явно понимая его), они способны сказать, сколько слов и слогов в прочитанном. Маловероятно, что в мозгу этих людей существуют особые структуры, так сказать, специально вмонтированные быстродействующие машинки. Известны нейрофизиологические данные о том, что в глубинах нашего подсознания откладываются буквально все впечатления нашего бытия, вся когда-либо поступившая в наш мозг информация. Но в сознание поступают только самые важные и необходимые сведения.

Скорее всего феноменальные счетчики — это просто люди с ослабленным барьером между сознанием и подсознанием (показательно, что сами они жалуются на свою неспособность управлять потоками циркулирующей

в их мозгу информации). А в общем устройстве их мозг не отличается от мозга обычных людей. И каждый из нас мгновенно сосчитывает доски в заборе — только не подозревает об этом и не может добраться (на сознательном уровне) до результатов этих подсчетов. И это, в общем-то, благо — природа довольно мудро заблокировала нас от ненужных сведений и не дает затопить сознание — верхний слой коры нашего головного мозга — необозримым содержимым бездонных кладовых нашего подсознания. Ведь для принятия решения в подавляющем большинстве случаев достаточно самых обобщенных сведений: много — мало; быстро — медленно; чуть быстрее; жарко и т. д.

Так что резервы в человеческом мозгу для всех этих подсчетов, по-видимому, существуют. Но немедленно встает другой вопрос: какой в этом смысл? Зачем все это нужно? И какое отношение вся эта бухгалтерия может иметь к эстетическому восприятию?

А что есть наш мозг? Великое множество его функций, в сущности, обобщается лишь в одну: с помощью «отражения» и «моделирования» окружающего нас мира он ежечасно, ежеминутно, ежесекундно делает единственное дело — прогнозирует, предсказывает, планирует наше будущее. На секунду, на час, на день, на месяц, на жизнь вперед. Только вперед. Все сведения о том, что уже произошло, — только для экстраполяции в будущее. Простейший условный рефлекс — уже экстраполяция («если до сих пор звонок сопровождал пищу, значит, и дальше так будет»). Сложнейшие абстрактные построения тоже экстраполяция («если быстро соединить несколько кусков урана друг с другом, возникает цепная реакция»). Эти два крайних типа реакции мозга на окружающую среду и поступающую из нее информацию объединяются четкой логической формой, в которой может быть зафиксирована эта реакция. Благодаря этому обстоятельству мы в состоянии моделировать на компьютерах именно эти виды деятельности мозга. Но поистине необозримо количество ситуаций, при которых мозг должен что-то решить (или хотя бы предвидеть), когда полной информации о ситуации не существует, когда мы имеем дело лишь со спектром возможностей: «Если я возьму эту девушку за руку, она: даст мне пощечину? вырвет руку? ответит на пожатие?»

То, что логика при решении подобных проблем играет

роль ничтожную, следует уже хотя бы из того, что в таких ситуациях никто никогда так сформулированных вопросов даже сам себе не задает. Но таких ситуаций явно больше, чем всех остальных. Психологи называют деятельность мозга в подобных ситуациях «вероятностным прогнозированием».

Вот ведь что интересно — такое внелогическое угадывание ценится людьми исключительно высоко. Культ оракулов и прочих предсказателей в древности, не умирающая до наших дней вера в ясновидение, астрологию, магию, экстрасенсорное восприятие и пр. можно рассматривать как крайние формы самоосознания удивительной способности мозга — угадать там, где сознательный логический механизм пасует. И нет никаких сомнений, что угадывание — действительно «великая страсть» нашего мозга. Мало с чем сравнимо удовольствие от оправдавшегося прогноза (по-видимому, именно этим объясняется патологический успех азартных игр). И мы всячески тренируем наш мозг на всех доступных уровнях — от разгадывания кроссвордов до вопросов типа «в каком ухе звенит?»

Давно уже замечено, что восприятие произведения искусства связано с частичным его предугадыванием. Вот, например, что пишет композитор и музыкальный теоретик Пауль Хиндемит (цитирую по книге Г. М. Шнеерсона «О музыке живой и мертвой». М., «Советский композитор», 1960): «Слушая музыкальную структуру, разворачивающуюся перед его слухом, он (слушатель) создает в своем воображении параллельную структуру и одновременно с ней отраженный образ. Воспринимая компоненты музыки по мере их проникновения в сознание, слушатель пытается сопоставить их с теми образами, которые сложились перед его внутренним взором. Или же он просто угадывает предполагаемый курс развития музыкальной структуры и сопоставляет его с теми образами, которые сохранились в его памяти в результате прежнего знакомства с данной пьесой. В обоих случаях — чем ближе внешнее музыкальное впечатление совпадает с внутренним музыкальным ожиданием, тем большим будет эстетическое удовлетворение».

Ясно, что в последней фразе П. Хиндемит неявно подразумевает определенную трудность угадывания. В противном случае высшей эстетической ценностью обладали бы «произведения» типа бесконечно тянущейся одной

ноты, экстраполяция которых не представляет никаких проблем.

В то же время эта трудность должна быть все же умеренной. Если каждый следующий компонент слишком неожидан, то, по мнению П. Хиндемита, «Музыкальная структура, которая из-за своей крайней новизны не вызывает в сознании слушателя никаких воспоминаний о прежнем музыкальном опыте, или непрерывно разочаровывает слушателя, восприятие которого направлено по пути определенной конструкции, или обманывает его чувство формы, мешает его творческому соучастию. Слушатель не сможет в этом случае применить свое ощущение пропорций к разворачивающейся структуре, он потеряет свое место на звучащей территории, не узнает значения отдельных элементов структуры по отношению к целому, он даже потеряет ощущение целостности всех этих элементов. Для него музыка останется чуждой, растворяющейся в хаосе, превратится в аморфное нагромождение звуков...»

Суммируя подобные взгляды, А. Моль в своей книге «Теория информации и эстетическое восприятие» (М., «Мир», 1966) ввел представление о некоем балансе, своего рода симбиозе в каждом произведении «банального» и «оригинального». Не совсем, правда, ясно, что считается «банальным» и что «оригинальным». В молевской постановке проблемы эти понятия, в сущности, относительны — они неизбежно зависят еще и от того, кто воспринимает. Введенная Модем количественная мера принадлежит, в сущности, к распространившимся за последнее время «метафорическим формулам», с помощью которых невозможно получить какое-либо число. Но если не придирается к формальной стороне дела, то мысль выглядит здраво: если грубо обобщить данные табл. 1, то видно, что абсолютно меньшая доля «музыкального словаря» текста составляет (покрывает) львиную долю этого текста. Лингвистам аналогичный факт был известен давным-давно, но не вина Моля, что музыковедение сильно отстало от других дисциплин в области формализации своих представлений. И эта меньшая доля «музыкального словаря» действительно «банальна» в самом обычном человеческом смысле слова. Но она составляет тот легко угадываемый фон, на котором композитор преподносит сюрпризы и неожиданности в виде редких Ф-моти-

вов и неожиданных переходов между ними. Но не дай бог «переложить» или «недоложить» этих сюрпризов!

Так что вполне возможна такая концепция. Производство искусства есть своего рода тренировочный тест для нашего мозга. Погружая мозг в свою специфическую среду, произведение искусства заставляет его разгадывать свою структуру, прогнозировать вперед и сличать свои прогнозы с реальным развитием. Автор произведения ведет с аудиторией игру, ставка в которой — сама игра. Она должна доставить аудитории удовольствие и именно тем обеспечить себе возможность своего продолжения.

Когда это невозможно?

В двух случаях — когда угадать слишком легко и когда угадать слишком трудно. Автор художественного произведения ходит по лезвию бритвы — малейший крен в любую сторону и публика заскучает. По-видимому, в поисках единственной оптимальной стратегии и выработался тот удивительный инвариант, который мы называем законом Ципфа.

До сих пор в искусстве исследовалось только то, что можно наблюдать в нем непосредственно, так сказать, невооруженным глазом. Самые верхние этажи конструкции: этический, философский, семантический. Выделялись крупные блоки, из которых состоит то или иное произведение: завязка, экспозиция, разработка, реприза... Способы их организации и связи друг с другом: сюжет, композиция, интрига, драматургия, полифония... Слишком много «степеней свободы» на этих уровнях, и единственным обобщением, которое удалось вытащить из их анализа, является признание именно сложности всего построения. Какие-либо общие обязательные закономерности на этих уровнях выделить не удалось: широко распространена точка зрения, согласно которой художник сам устанавливает правила своей игры с аудиторией, а аудитория должна эти правила разгадать и судить о художнике по им самим установленным законам. И каждый крупный мастер прямо-таки «обязан» нарушить законы своих предшественников.

В сущности, эта концепция выводит искусство за пределы научного анализа. «Единственное», «неповторимое», «уникальное» (не воспроизводимое) не может быть объектом научного исследования. Именно поэтому не поддаются усилиям ученых как телепатия, само существ-

зование которой проблематично, так и несомненно реально существующая шаровая молния.

Но победное шествие современной науки началось с того момента, когда информация для научного анализа перестала поступать непосредственно от наших органов чувств. Телескоп и микроскоп, спектрограф и фотометр, циклотрон и камера Вильсона, рентген и масс-спектрометр и многое, многое другое — вот что позволило нам проникнуть в тайны природы существенно дальше Демокрита и Аристотеля. То, что мы непосредственно видим, слышим и осязаем, — лишь ничтожная доля гигантского механизма Природы, лишь начавшего открываться нам с помощью наших приборов и нашего разума.

В искусстве, в сущности, то же самое. То, что мы видим и слышим сознательной частью нашего существа, — лишь верхушка гигантского айсберга. Основной поток художественной информации мощно вливается в наше подсознание. И именно там действуют невидимые для нас законы, подлинные законы Искусства. И одновременно — законы Природы, законы самой Жизни.

Литература

Борода М. Г. Частотные структуры музыкальных текстов. — В кн.: Измерение и прогноз в культуре. М., 1978.

Борода М. Г., Орлов Ю. К. О некоторых психологических аспектах количественной организации художественных текстов. — В сб.: Бессознательное. Природа, функции, методы исследования (под ред. А. С. Прангишвили, А. Е. Шерозия, Ф. В. Бассина). Т. 3. Тбилиси, «Мецниереба», 1978.

Орлов Ю. К. О статистической структуре сообщений, оптимальных для человеческого восприятия. Научно-техническая информация (НТИ), серия 2, 1970, № 8.

Орлов Ю. К. Обобщенный закон Ципфа—Мандельброта и частотные структуры информационных единиц различных уровней. — В сб.: «Вычислительная лингвистика». М., «Наука», 1976.

Орлов Ю. К. Частотные структуры конечных сообщений в некоторых естественных информационных системах. Канд. диссертация, Тбилиси, 1974.

Арапов М. В., Ефимова Е. Н., Шрейдер Ю. А. О смысле ранговых распределений. Научно-техническая информация (НТИ), серия 2, 1975, № 1, 2.

Арапов М. В., Шрейдер Ю. А. Классификации и ранговые распределения. НТИ, 1977 № 11—12.

Бриллюэн Л. Наука и теория информации. М., Физматгиз, 1960.

Козачков Л. С. Системы потоков научной информации. Киев, «Наукова думка», 1973.

Ланге О. Введение в эконометрию. М., «Прогресс», 1964.

Линдсей Р. Теория обработки информации.— В сб.: «Концепция информации и биологические системы». М., «Мир», 1966.

Мандельброт Б. Теория информации и психоллингвистика: теория частот слов.— В сб.: «Математические методы в социальных науках». М., «Прогресс», 1973.

Орлов Ю. К. О связи между распределением Парето и обобщенным законом Ципфа—Мандельброта. Сообщения АН ГССР, т. 83, № 1, 1976.

Шрейдер Ю. А. О возможности теоретического вывода статистических закономерностей текста (к обоснованию закона Ципфа).— В сб.: «Проблемы передачи информации». Т. 3, вып. 1. М., 1967.

Carrol J. B. Word-frequency studies and the longnormal distribution. Proceedings of the conference on language and language behavior. N.Y., 1968.

Carrol J. B. A rationale for an asymptotic longnormal form of word-frequency distributions. Princeton, New Jersey, 1969.



В. Н. Дмитриевский,
кандидат искусствоведения

Б. З. Докторов,
кандидат психологических наук

КАК ИЗМЕРИТЬ ТЕАТРАЛЬНЫЙ РЕПЕРТУАР?¹²

Театральный репертуар формируется и эксплуатируется во взаимодействии театра и аудитории и тем самым отражает многообразие социальных связей искусства и общества. В проявлении вкусов массового театрального зрителя раскрывается закономерность психологии определенных общественных групп. В формировании и эксплуатации театрального репертуара достаточно полно проявляется многообразие различных форм и особенностей функционирования театрального искусства во всех

¹² Статья написана по материалам комплексного социолого-театроведческого исследования «Театр в духовной жизни современного молодого человека».

его стадиях. Если репертуар театра отражает его идейные и художественные устремления, его творческие, материально-технические и финансово-экономические возможности, т. е. возможности производства, то способ эксплуатации репертуара, тиражирование спектаклей указывают на характер распределения художественной продукции театра, а посещаемость спектаклей зрителями и их отношение к репертуару выявляют характер потребления театральной продукции. Таким образом, репертуар выступает в роли неких сил взаимодействия в своеобразной системе «театр и зритель» и потому анализ формирования и эксплуатации театрального репертуара должен занимать центральное место в комплексной программе изучения театра, зрителя, всех многочисленных сторон театральной жизни.

Излагая метод измерения спектакля, репертуара, мы вовсе не стремимся к противопоставлению уже сложившейся и оправдавшей себя практики театроведческого подхода к раскрытию тайн спектакля новому математизированному методу. Можно утверждать, что любая подобная попытка обречена на провал. Цель статьи носит более ограниченный характер: с одной стороны, представляется целесообразным продемонстрировать мощь и универсализм современных математических методов, которые позволят надеяться на успешное решение достаточно сложных, плохо формализуемых проблем изучения структуры театрального репертуара, с другой стороны, показать, что уже сейчас, на самых ранних этапах использования количественных методов в исследованиях театральной жизни союз театроведов и математиков может быть плодотворным как в теоретическом отношении, так и в практике театра.

Эксперты оценивают спектакли

Какой бы сложной, многоступенчатой ни была процедура эмпирического исследования явления или процесса, в ней всегда присутствует этап получения первичной информации непосредственно с объектов, подлежащих изучению. В технических, физических измерениях свойства объектов меряются различными приборами и инструментами, путем сравнения конкретного значения свойства с эталоном. Не останавливаясь подробно на

рассмотрении сложнейших гносеологических, методологических и методических аспектов проблемы измерения в социальных, в том числе искусствоведческих, науках, следует все же сказать, что и здесь измерение начинается с построения подобного прибора, с конструирования соответствующих измерительных шкал. В настоящем случае этими приборами были театроведы-эксперты, деятельность которых программировалась специальной формализованной экспертной методикой, содержащей в себе необходимые для измерения шкалы [3], [4].

Выбор «единиц измерения» эстетических характеристик театрального спектакля был осуществлен в объеме понятий и категорий современной театральной критики, в наибольшей степени отражающей структуру и динамику театрального произведения, в рамках которой театровед «видит» спектакль и описывает его. При ознакомлении с театральными рецензиями, статьями и обзорами, посвященными театральным спектаклям последних сезонов, удалось не только выявить наиболее употребимые в критике и театроведении термины, понятия и определения, но также и найти направления оценок и анализа театрального процесса.

Последние годы дали ряд попыток применения количественных методов анализа к искусству, в частности к театру. Однако произведения искусства изучаются зачастую как носители социальной информации, при этом признаки эстетической содержательности произведений остаются в стороне. Можно согласиться, что, «игнорируя эстетическую содержательность текста, социология рискует одновременно потерять ключи и к его социальному звучанию» [5, с. 125]. В предлагаемой методике спектакль рассматривается как модель, сочетающая в себе уникальность художественного произведения и одно из множества явлений социального яорядка, предмет культурного потребления широких зрительских масс. Формализация театроведческого языка была осуществлена в той мере, чтобы, с одной стороны, театроведы нашли в новом языке достаточное количество знакомых элементов, позволяющих им выразить свое отношение к спектаклю, с другой стороны, создать предпосылки к замене «словесного портрета» спектакля его «числовым портретом».

Такой подход к анализу сложных социальных процессов далеко не нов. Еще в середине XVII в. У. Петти,

Корреляционная матрица
(перед числами опущена десятичная запятая)

№ п/п	Признаки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	Комедийность	1	-21	-45	27	61	33	36	00	35	16	-30	08	-38	-09	-05	22	-08	-09	25	-12
2	Мелодрама- тичность	-21	1	03	10	00	-31	-34	-33	-41	-46	-22	-10	-22	-37	-48	-39	-37	-44	01	-39
3	Трагедий- ность	-45	03	1	13	-37	08	09	28	01	13	31	09	51	35	39	12	34	39	-28	45
4	Остросюжет- ность	27	10	13	1	38	00	00	-10	-02	-18	-14	-12	-14	-14	-11	-13	-07	-09	13	-10
5	Развлека- тельность	61	00	-37	38	1	32	32	-08	32	03	-36	04	-61	-36	-27	09	-16	-30	24	-37
6	Музыкаль- ность	33	-31	08	00	32	1	88	61	85	74	-11	49	11	25	46	84	53	43	07	35
7	Пластичность	36	-34	09	00	32	88	1	59	92	78	04	50	11	24	47	81	53	41	-04	32
8	Художествен- ное оформле- ние	00	-33	28	-10	-08	61	59	1	60	69	13	22	34	48	65	63	84	63	-09	59
9	Синтетич- ность	35	-41	01	-02	32	85	92	60	1	82	-03	43	10	25	48	80	52	42	-05	31
10	Сценическая условность	16	-46	13	-18	03	74	78	69	82	1	22	36	29	37	60	77	66	55	-19	46

11	Рациональ- ность воспри- ятия	—30	—22	31	—14	—36	—11	—04	13	—03	22	1	—15	35	18	21	—03	13	19	—67	20
12	Молодеж- ность	08	—10	09	—12	04	49	50	22	43	36	—15	1	29	04	26	45	23	19	07	11
13	Идейно-нрав- ственная зна- чимость	—38	—22	51	—14	—61	11	11	34	10	29	35	29	1	60	65	33	48	67	—08	63
14	Актерский успех	—09	—37	35	—14	—36	25	24	48	25	37	18	04	60	1	78	45	61	77	06	83
15	Режиссер- ский успех	—05	—48	39	—11	—27	46	47	65	48	60	21	26	65	78	1	67	76	88	00	85
16	Музыкальные достоинства	22	—39	12	—13	09	84	81	63	80	77	—03	45	33	45	67	1	66	64	04	55
17	Художе- ственно-де- корацион- ные достоин- ства	—08	—37	34	—07	—16	53	53	84	52	66	13	23	48	61	76	66	1	77	—01	69
18	Художест- венная цен- ность	—09	—44	39	—09	—30	43	41	63	42	55	19	19	67	77	88	64	77	1	04	85
19	Доступность	25	01	—28	13	24	07	—04	—09	—05	—19	—67	07	—08	06	00	04	—01	04	1	00
20	Значимость в театральной жизни Ле- нинграда	—12	—39	45	—10	—37	35	32	59	31	46	20	11	63	83	85	55	69	85	00	1

родоначальник буржуазной политической экономии, писал: «Вместо того, чтобы употреблять слова только в сравнительной степени и превосходной и прибегать к умозрительным аргументам, я вступил на путь выражения своих мыслей на языке чисел, весов и мер... употребляя только аргументы, идущие от чувственного опыта, и рассматривая только причины, имеющие видимые основания в природе. Те же, которые зависят от непостоянства умов, мнений, желаний и страстей отдельных людей, я оставляю другим» [6, с. 156].

Обследованию подвергся репертуар девяти ленинградских драматических театров сезона 1973 г., всего 189 спектаклей. Экспертами выступили десять театроведов, каждому из которых предлагалось оценить все известные ему постановки. В соответствии с теоретической схемой было образовано двадцать шкал или признаков, по которым характеризовался каждый спектакль (табл. 3).

Все двадцать шкал однотипны по своему строению. Вопросы экспертной анкеты имели вид: «Считаете ли вы, что...», после вопроса следовало определенное суждение о спектакле, например, «...это спектакль — комедийный?» Эксперты могли согласиться с этим утверждением полностью (это безусловно так) или отчасти («с этим можно согласиться»), либо опровергнуть его отчасти («с этим, пожалуй, нельзя согласиться»), или полностью («это безусловно не так»); выбрав один из четырех предложенных вариантов ответа. При математической обработке названным градациям в соответствующем порядке присваивались баллы от единицы до четырех.

Описанная модель, безусловно, не охватывает во всей полноте и целостности конкретного театрального произведения. Однако она позволяет воспроизвести центральные моменты традиционного театроведческого исследования. Более сложная теоретическая конструкция породила бы ряд трудных методологических и технических проблем как в деятельности экспертов, так, и на последующих этапах обработки и интерпретации полученных данных. Чересчур простая логическая схема не позволила бы получить достаточно интересные содержательные выводы о театральном репертуаре.

Последние годы ознаменовались появлением большого количества статей по применению экспертных процедур в различных областях науки и техники. Определен круг задач, в которых использование экспертных

методов оказывается целесообразным, изложены конкретные рекомендации по комплектованию судейских групп, описаны специальные алгоритмы получения экспертных оценок и т. д. [7], [8]. Тем не менее каждая новая попытка изучения мнений экспертов при решении определенных проблем таит в себе значительную степень новизны и риска. Казалось бы, что театровед, театральный критик в силу самой специфики своей повседневной деятельности как нельзя лучше подготовлен к роли эксперта. Это и так, и не так.

Действительно, исследуя тот или иной спектакль, анализируя творческий путь актера, достижения режиссера, театровед «автоматически» предстает экспертом в этой области театральной критики. Однако все, что он делает, и тем более как делает, принципиально отличается от современного построения процедуры экспертизы. Стилль, форма, язык изложения театроведов чрезвычайно разнообразны, индивидуализированы. Лучшие образцы театроведения — это глубокие научные исследования, выполненные блистательным литературным языком. На противоположном полюсе находятся работы — аппликации, склеенные из набора картин-штампов, лишенные значимого содержания.

Важным аргументом в пользу применения экспертной методики измерения репертуара являются положения теории «эмоциональных констант». Применяя положения названной теории к процессу восприятия искусства, можно сказать, что «при вызывании одним и тем же предметом у разных людей эмоционально-психических состояний (при всех возможных здесь нюансах) имеет место все же и какой-то общий стержень, какой-то объективный момент однозначности. Этим-то и объясняется, почему эмоционально-переживательные значения, вызываемые теми или другими объективными предметами или явлениями, носят не только личностный, но и так сказать «сверхличностный» (или, что называется, интерсубъективный) характер» [9, с. 17].

Факт объективного существования социально обусловленных «эмоциональных констант» может служить методологическим обоснованием использования экспертных оценок при исследовании театрального репертуара. Однако значительные методические и технические трудности приходится преодолевать в процессе поиска соответствующих форм коммуникативных носителей

«эмоциональных констант». Априори нам не известна глубина, протяженность, длительность этого социально-психологического состояния, а значит, отсутствует необходимая информация для построения прибора, призванного замерить величину, выраженность подобной константности. Цена деления измерительного инструмента всегда выбирается исходя из знания вариабельности изучаемой переменной и потом, на более продвинутой стадии эксперимента, доводится до достижения необходимой точности замеров. В условиях дефицита исходной информации для конструирования шкал мы опирались на очень грубую «рабочую» схему деятельности театроведа при оценке спектакля.

Поскольку все последующие выводы о качестве измерения построены на усредненных экспертных оценках, необходимо показать наличие взаимной близости суждений отдельных театроведов. В противном случае операция усреднения экспертных оценок становится неоправданной. Согласованность, мнений зависит от множества причин. Здесь имеют значение и особенности оцениваемых явлений, и уровень компетентности экспертной группы, и специфика признаков, по которым оценивается явление. Наличие согласованности указывает на правомерность применения экспертного опроса при анализе феномена, оправдывает переход от индивидуальных оценок к групповым, усредненным.

Первая операция определения, действительности экспертной процедуры — выявление информированности экспертов об объектах, предназначенных для оценки. В среднем эксперт знаком с 62% спектаклей театральной афиши (эта величина изменяется от 49 до 74% для различных экспертов, и от 33 до 82% для различных театров). Относительно невысокая степень вариабельности доли оцененных спектаклей каждым из экспертов против колебания процентной доли, характеризующей знакомство экспертов с репертуаром отдельных театров, говорит о правомерности включения всех ответов экспертов в дальнейший анализ.

Необходимо различать согласованность мнений экспертов по каждой шкале и по набору показателей в целом. Первого типа анализ направлен на выявление рабочих характеристик отдельных шкал, второго — на расшифровку понимания экспертами всего комплекса

признаков. Ответы экспертов считаются согласованными по отдельной шкале, если их статистическое распределение сосредоточено на малом числе ячеек — градаций шкалы.

Мерой монолитности распределения может служить статистика «относительной избыточности разнообразия» v_e , зависящая от количества градаций признака (K) и доли экспертов (p_{ik}), указавших градацию t в шкале l [10, с. 65]. Значение v_e равно единице тогда и только тогда, если все эксперты единодушны в своем решении и $v_e = 0$ при максимальной рассогласованности ответов (оценки экспертов равномерно распределены вдоль всей шкалы).

Из всего множества статистик, применяемых для решения второго типа задачи, были отобраны две:

показатель совпадения ответов i -го и j -го специалистов (S_{ij});

нормированная средняя величина абсолютного значения разности оценок Δ_{ij} , выставленных i и j экспертами по совокупности n признаков.

Эти две статистики изменяются от нуля до единицы, ноль означает полное единодушие экспертов, единица указывает на крайнюю меру неопределенности суждений специалистов.

Конкретные примеры вычисления и анализа величин v_e , S_{ij} и Δ_{ij} приведены в статье [11]. В ней содержится вывод о компетентности отобранной группы экспертов, о достаточно высоком уровне согласованности их мнений и как следствие всего этого о правомерности перехода к рассмотрению усредненных экспертных оценок.

Взаимосвязь характеристик спектакля

Величина тесноты связи между двумя признаками, описывающими отдельные стороны театрального спектакля, может быть измерена с помощью коэффициента корреляции. Если величина коэффициента корреляции нулевая, признаки называются независимыми, т. е. изменчивость одного из признаков никак не согласуется с изменчивостью другого. Положительная корреляция между двумя признаками свидетельствует об одностороннем изменении их значений. Близость величины коэффициента корреляции к единице означает, что отно-

сительной величине приращения одного из признаков отвечает примерно то же приращение другого. Отрицательная корреляция между признаками встречается тогда, когда с ростом (убыванием) значений одного из признаков убывают (растут) значения другого. Множество всех коэффициентов корреляции между нашими двадцатью признаками может быть представлено таблицей, называемой корреляционной матрицей. Поскольку коэффициент корреляции обладает свойством симметричности, т. е. корреляция признака i с признаком j равна корреляции j -го признака с i -ым, корреляционная матрица оказывается симметричной (см. табл. 3).

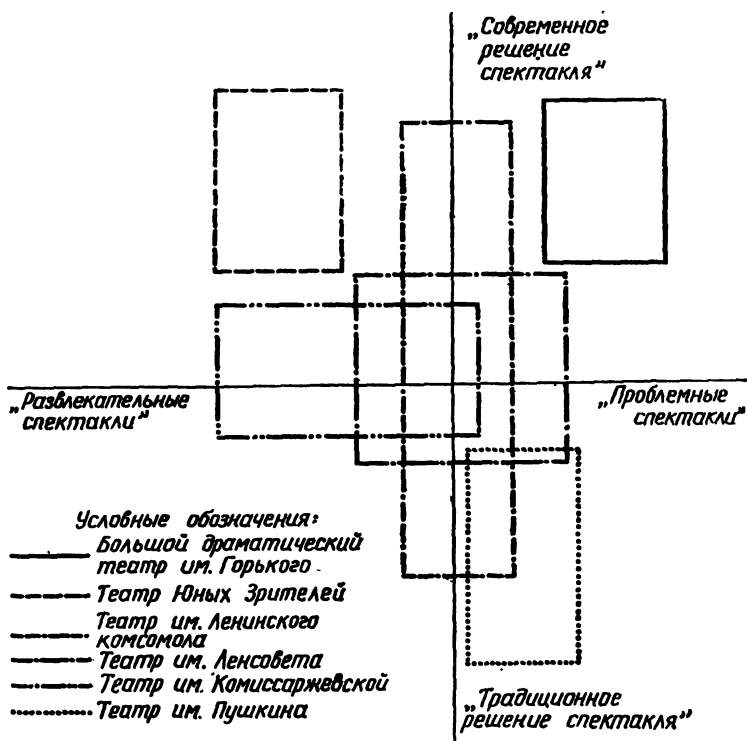
Среднее из абсолютных значений всех коэффициентов корреляции равно 0,34. Можно показать, что эта величина указывает на достаточно сильную взаимозависимость между признаками, описывающими спектакль. В этом математическом факте усматривается интересное содержательное утверждение: «современный спектакль обладает внутренним свойством структурности или системности» [12].

Индексом причастности отдельного признака ко всему набору переменных можно назвать величину J_i , зависящую от коэффициента корреляции между i -ым и j -ым признаками и m числа признаков. По значениям введенного таким образом индекса причастности шкалы, описывающие спектакль, разбиваются на три группы: шкалы низкой, средней и высокой причастности. Первую группу образуют: «остросюжетность», «рациональность восприятия», «доступность». Во вторую группу, кроме трех жанровых шкал, входят «развлекательность» и «адресованность молодежи». Все оставшиеся переменные образуют третье скопление.

Наибольшими значениями «причастности» обладают два признака — режиссерский успех $I_{15}=0,47$ и художественная ценность спектакля $I_{18}=0,46$. Детальный анализ корреляционной структуры этих двух признаков и в особенности сильная зависимость названных показателей между собой ($r=0,88$) приводят к выводу об их неразличимости, тождественности (естественно, в рамках рассматриваемого набора характеристик репертуара). Полученный результат весьма интересен. Во-первых, он количественно доказывает законность приравнивания таких показателей, как режиссерский успех и общая художественная значимость постановки, во-вторых, в нем

читается справедливость теоретических положений о решающей, определяющей роли режиссера в современном театре.

Внутри группы признаков «высокой причастности» выделяется одно подмножество тесно коррелирующих между собой признаков — это характеристики выразительных средств спектакля. Абсолютно наибольший парный коэффициент корреляции ($r=0,92$) описывает взаимоотношение «пластичности» и «синтетичности». Достаточно сильно коррелируют с этими признаками шкалы «сценической условности», музыкальности, музыкальных и художественно-декорационных достоинств. Высокая взаимная корреляция всех перечисленных признаков находит свое подтверждение в положениях и выводах теории темпо-ритма, указывающей на наличие взаимопод-



Р и с. 15. Графическая иллюстрация типологии театров

чиненности всех художественно-выразительных средств спектакля (13).

Подтверждение справедливости тезиса о соответствии темпо-ритма жанру спектакля (14) может быть найдено в «архитектуре» множества коэффициентов корреляции жанровых шкал с другими показателями. Трагедийность положительно коррелирует с «рациональностью восприятия», с актерским и режиссерским успехом, качеством работы художника. Вместе с тем трагедийность снижает доступность театрального произведения для широкого круга зрителей.

Актуальность, правомерность включения в набор признаков шкалы идейно-нравственной значимости спектакля не вызывает сомнения. Обоснованность измерения по этому признаку подтверждается результатами статистической обработки. Уровень идейно-художественной значимости находится в прямой зависимости или обусловлен достаточной глубиной и общественной значимостью литературной основы постановки (коэффициент корреляции с «трагедийностью» равен 0,51), единством актерского и режиссерского решений, единством музыкального и художественного оформления. С другой стороны, идейная легковесность находит свое воплощение в усилении развлекательности, комедийности, мелодраматичности.

Несмотря на «грубый» характер исходных шкал, удастся произвести весьма тонкий анализ шкал «комедийности» и «развлекательности». Как и следовало ожидать, эти признаки коррелируют друг с другом ($r=0,61$) и весьма схоже коррелируют с другими шкалами. Однако отмечаемая «похожесть» лишь в самом вульгарном смысле может интерпретироваться как тождественность. Близость комедийности и развлекательности проявляется в равном их отношении к «наличию» музыки и декораций, элементов пластичности и синтетичности и к «отсутствию» требований усложнения рационального постижения спектакля. Здесь оканчивается сходство и начинается отличие шкал. Рост комедийности сопровождается заметным уменьшением мелодраматичности, сильным сокращением элементов трагедийности и относительно слабым увеличением остросюжетности. В свою очередь, развлекательность оказывается «безразличной» к мелодраматизму, отрицательно коррелирует с трагедийностью и более чем комедийность предполагает в спектакле наличие острых сюжетных ходов. Напомним, что остросюжетность

относится к разряду признаков «низкой причастности» и наиболее тесно она коррелирует именно с развлекательностью. Заметное отличие сравниваемых показателей проявляется на шкалах, качественно оценивающих достоинство постановки. Наличие или отсутствие комедийности не отражается на экспертных оценках актерской игры, режиссерской формулы спектакля, творчества художника. Столь же слабо связана оценка комедийности с обобщенными признаками качества спектакля: художественной ценностью и значительностью спектакля в театральной жизни Ленинграда. Напротив, усиление развлекательности сопровождается понижением оценки актерской игры, деятельности режиссера и художника, снижением величины обобщенной характеристики качества постановки. Хорошая комедия, как правило (в статистическом понимании проявления закономерностей), сочетается с хорошим музыкальным сопровождением, развлекательность не предъявляет, опять же в среднем, повышенных требований к качеству музыки.

Изучение всей совокупности коэффициентов корреляции привело к нахождению обстоятельного количества утверждений, согласующихся с известными науке о театре принципами. Это дает основания подчеркнуть, с одной стороны, элемент обоснованности шкал, с другой — известную полноту набора признаков, обеспечившую построение ценных содержательных выводов.

Обобщенные характеристики спектакля

Более 70 лет при углубленном исследовании взаимозависимости множества переменных используются методы факторного анализа. Возникнув в психологии при решении частных задач измерения способностей, этот статистический метод достаточно быстро попал в поле зрения ученых различных специальностей и оказался весьма плодотворным при изучении большого количества научных проблем. Систематическое ознакомление с приемами, вычислительными алгоритмами факторного анализа [15], [16] требует от читателя серьезной математической подготовленности. Вместе с тем общая идея факторного анализа, результаты, к которым он приводит, легко объяснимы без обращения к сложным математическим понятиям.

Высокая корреляция между изучаемыми двадцатью признаками, описывающими театральный спектакль, побуждает нас предложить существование определенных скрытых, латентных переменных, объясняющих картину зафиксированных корреляционной матрицей взаимозависимостей. Если предположение о наличии подобных неявных переменных — называемых факторами — справедливо, то численные процедуры факторного анализа позволяют выявить их и проинтерпретировать. После обнаружения неявных переменных, расшифровки их природы, содержания все таинство неизвестной ранее переменной исчезает и открытая переменная может быть зачислена в разряд таких же переменных, как и исходные. Другими словами, для каждого спектакля становится возможным вычисление значения фактора, и спектакли могут сопоставляться, сравниваться по этим значениям. В нашем случае в результате факторизации, произведенной методом главных компонент, выявлено пять факторов. На двух из них остановимся подробно. Результаты расчетов приведены в табл. 4. Факторные нагрузки, по своему смыслу являющиеся коэффициентами корреляции исходных шкал экспертной анкеты с выявленными факторами, и открывают путь к содержательной интерпретации полученного математического решения.

Наибольшие нагрузки по первому фактору приходятся на шкалы, описывающие художественно-выразительные и оценочные характеристики спектакля — режиссерский и актерский успех, музыкальные и художественно-декорационные достоинства; интегральные показатели качества постановки — художественная ценность и значимость спектакля в театральной жизни Ленинграда; пластичность; синтетичность; сценическая условность. Особенно важно подчеркнуть, что в этот фактор входит с положительной факторной нагрузкой и идейно-нравственная значимость театрального произведения. Сочетание в спектакле всех этих черт, по нашему мнению, отвечает существующим представлениям о «современности» театрального произведения.

Интерпретация найденного фактора в первую очередь связана с акцентированием роли выразительных средств спектакля, подчеркиванием его стилизового решения. Подобный «крен» в содержательном осмыслении латентной переменной вызван тем, что в наборе шкал вообще велика доля признаков, раскрывающих изобрази-

Матрица факторных нагрузок

№ пп	Шкалы	Факторы				
		I	II	III	IV	V
1	Комедийность	0,03	0,76	0,20	0,31	—0,14
2	Мелодраматичность	—0,52	—0,07	0,00	—0,37	0,46
3	Трагедийность	0,36	—0,53	—0,09	0,00	0,61
4	Остр�сю- жетность	—0,14	0,23	0,24	0,50	0,69
5	Развлекательность	—0,14	0,83	0,02	0,27	0,16
6	Музыкальность	0,73	0,54	—0,12	—0,12	0,11
7	Пластичность	0,74	0,54	—0,22	0,07	0,12
8	Художественное оформление	0,80	0,03	—0,06	0,06	0,06
9	Синтетичность	0,74	0,54	—0,24	0,01	0,02
10	Сценическая условность	0,82	0,24	—0,33	0,00	—0,10
11	Рациональность восприятия	0,19	—0,53	—0,61	0,35	—0,08
12	Адресованность молодежи	0,40	0,28	—0,10	—0,64	0,16
13	Идейно-нравственная значимость	0,58	—0,59	0,11	—0,20	—0,09
14	Актерский успех	0,70	—0,37	0,35	0,15	—0,13
15	Режиссерский успех	0,88	—0,23	0,21	0,08	—0,03
16	Музыкальное достоинство	0,85	0,32	—0,02	—0,12	0,02
17	Художественно-декорационное достоинство	0,85	—0,09	0,09	0,05	0,07
18	Художественная ценность	0,85	—0,27	0,27	0,09	—0,03
19	Доступность	—0,06	0,33	0,83	—0,21	—0,07
20	Значимость в театральной жизни Ленинграда	0,79	—0,36	0,29	0,13	—0,01

тельную сторону спектакля. Этот блок «перевешивает» все другие компоненты в факторе и вынуждает делать упор на внешних характеристиках постановки. Назовем первый фактор фактором сценических средств. «Потрогать», испытать реальность фактора представляется возможным только после вычисления его значений для

измеренных спектаклей. Расположив все спектакли на построенном таким образом континууме сценических средств, можно ранжировать спектакли, а значит, и театры, по выраженности обнаруженного свойства. На одном конце будут расположены спектакли, обладающие современным сценическим решением, на другом — постановки, выдержанные в традиционной манере. В этом смысле изучаемая модель открывает путь к типологизации как спектаклей, так и театров. В жизненности, правдивости математических построений убедимся, сопоставив результаты «измерения» театров с выводами традиционного театроведческого анализа репертуара Театра юного зрителя и Академического театра им. А. С. Пушкина.

Именно ТЮЗ вышел на первое место по количеству постановок, отличающихся высоким уровнем изобразительных средств. В соответствии с оценками, данными экспертами, и последующей математической обработкой ТЮЗ оказался театром синтетического спектакля. В нем активнее, чем в других театрах, используется музыка, велико значение пластики и хореографии, лидирует он и по количеству спектаклей, в которых особенно заметна роль художественно-декорационного оформления. Такова интерпретация «вычислений».

Теперь отметим «внешние», к полученному положению, обстоятельства. Во-первых, описанный результат хорошо согласуется с объективными показателями ТЮЗ-овского репертуара. Так, в 1973 г. свыше половины постановок театра составляли не оригинальные драматургические произведения, а инсценировки, театрализованные обозрения или сценические композиции. Если отметить, что доля инсценировок и композиций в афише ленинградских театров удерживается на уровне 20%, становится очевидным, что здесь мы имеем дело с определенной манерой ТЮЗа, с особенностью его творческого лица. Второе подтверждение справедливости факта эмпирического исследования мы находим в театроведческом исследовании. «Современный ТЮЗ ищет тесных контактов со зрительской аудиторией, живого непосредственного общения с ней. Отсюда и смелые сценические эксперименты. Театр не боится отойти от сложившихся традиций реалистического спектакля, обращается к броским, энергично-воздействующим факторам агитационно-публицистического представления, пародийного зрелища,

смело использует гротеск, символику, гиперболу, танец, пантомиму и даже эффектные приемы мюзик-холла» (17, с. 179).

«Числовой портрет» театра им. А. С. Пушкина также близок к выводам качественного театроведческого изучения. Различны научные методы, различны способы подхода к исследованию театрального произведения, но заключения совпадают. В репертуаре театра меньше, чем в любом другом, постановок, в которых бы музыка, пластика и хореография приобретали особо значимую роль, становились одним из важнейших средств раскрытия художественной идеи спектакля. Относительно редок здесь комедийный жанр, слабее, чем в других театрах, представлена на его сцене зарубежная пьеса, отсутствуют постановки, относимые специалистами к разряду синтетических по своим жанровым и стилевым характеристикам.

Во втором факторе наиболее интересным является сочетание высоких, положительных факторных нагрузок, приходящихся на шкалы «комедийность» и «развлекательность», с высокими отрицательными весами, отвечающими «трагедийности», «рациональности восприятия» и «идейно-нравственной значимости». Таким образом, этот фактор позволяет ранжировать спектакли по уровню выраженности в них элементов развлекательности, от полноценно развлекательных постановок до наиболее серьезных спектаклей, раскрывающих сложнейшие идейно-нравственные проблемы. Подтвердим наш теоретический вывод анализом действительного упорядочения спектаклей.

В начале перечня оказываются полноценные развлекательные постановки: бытовая комедия из жизни тифлисских предместий конца прошлого столетия грузинского драматурга А. Цагарели в редакции популярных ленинградских юмористов В. Константинова и Б. Рацера «Ханума», поставленная Г. Товстоноговым на сцене Большого драматического театра им. М. Горького; Тюзовские эстрадно-пародийные обозрения «Наш цирк» и «Наш Чуковский» в режиссерской интерпретации З. Корогодского; популярные комедийные спектакли, идущие уже много лет на сцене театра им. Комиссаржевской — эксцентрическая комедия Б. Шоу «Миллионерша» с участием признанных комедийных мастеров Г. Короткевич и С. Боярского, лирическая комедия

Б. Ласкина «Время любить», в которой в прошлом с успехом выступала молодая А. Фрейндлих; театральная вариация «бродячего сюжета» о переодетой женщине-кабальеро «Тогда в Севилье» С. Алешина, сценическая версия романа Я. Гашека «Иосиф Швейк против Франца Иосифа», выполненная режиссером Р. Агамирзяном и инсценировщиками В. Константиновым и Б. Рацером в плане балаганно-циркового зрелища; наконец. поставленные в жанре комического мюзикла опять же с переодеваниями, элементами фарса и гротеска «Где Чарли?» в театре им. Ленинского комсомола и «Укрощение строптивой» на сцене театра им. Ленсовета с участием А. Фрейндлих в главной роли.

Замыкают этот ряд наиболее серьезные, драматические спектакли, решенные театрами в жанрах социальной, психологической, философской драмы, подчас близких по своему звучанию к трагедии. Это спектакли Большого драматического театра им. Горького, поставленные Г. А. Товстоноговым: «Мещане» А. М. Горького, «Цена» А. Миллера, философская притча «Лиса и виноград» Г. Фигейредо; спектакли Театра драмы им. А. С. Пушкина «На дне» М. Горького и «Обыкновенная история» по И. Гончарову; пьеса на современную тему «Человек со стороны» И. Дворецкого, инсценировки по повести П. Нилина «Жестокость» и роману Ф. Достоевского «Преступление и наказание» в Театре им. Ленсовета; «Униженные и оскорбленные» по Ф. Достоевскому в Театре им. Ленинского комсомола.

Плоскостное, двухмерное представление данных позволяет увидеть то, что не всегда отражается в одномерии. «Близость» театров по значениям одного из факторов не должна быть переоценена, она может оказаться ложной, псевдоравенством. «Шум» проецирования скрывает существующие различия; в реальности же объект таков, что его необходимо «замерять», «фотографировать» с разных точек, под разным углом. Более сложная типология спектаклей отчетливо «читается» в диаграмме, изображенной на рис. 15. Зоны, очерченные на диаграмме, включают в себе более 70% репертуара каждого из театров.

Понятно, что точки пересечения линий, т. е. от «нулевой отметки» начинается «приобретение», «рост» качеств, признаков репертуарных массивов, условно обозначенных нами (на основании данных проведенного эксперт-

ного опроса) как «развлекательных» и «проблемных» (по горизонтали) и решенных традиционно — «современно» (по вертикали). Таким образом, занятое тремя театрами центральное пространство свидетельствует о том, что в значительной части спектаклей этих театров указанные выше качества выражены с определенной степенью умеренности. Однако растянутость «зоны множества» дает весьма наглядное представление об идейно-художественной тенденции театров. Так, театр им. В. Ф. Комиссаржевской очевидней, чем другие театры, тяготеет к развлекательным спектаклям, поставленным в общепринято-безликой манере. «Зона» спектаклей Театра им. Ленинского комсомола, наоборот, вытянулась по вертикали, что свидетельствует о широком диапазоне постановочных решений при довольно узком диапазоне проблематики. «Зоны» этих двух театров и Театра им. Ленсовета «накладываются» друг на друга и занимают центральное — с большими или меньшими отклонениями — положение в таблице. Отсюда ясна их типологическая общность. Зато три других театральные коллектива Ленинграда со всей очевидностью претендуют на своеобразие и оригинальность. Зоны ТЮЗа и Большого драматического театра им. Горького оказались вообще обособлены от «зон» других театров, «зона» Театра драмы им. А. С. Пушкина лишь немного пересекается с «зонами» Театра им. Ленинского комсомола и Театром им. Ленсовета. Хотя эта диаграмма, как и всякий другой график, несколько схематизирует полученное решение, она, на наш взгляд, достаточно зримо и объективно фиксирует состояние театральной жизни Ленинграда в целом и положение каждого сценического коллектива на театральной карте города. И ТЮЗ, и БДТ сильно тяготеют к современным постановочным средствам, их «зоны» удалены от центра примерно на равное расстояние. Но, находясь на одном горизонтальном уровне, они разместились на противоположном расстоянии от вертикали, поэтому можно с уверенностью сказать: «мера развлекательности» ТЮЗа примерно равна «мере содержательности» БДТ. Определенностью позиции отличается и Театр драмы им. А. С. Пушкина — его спектакли тяготеют к проблемности, но решаются в приемах традиционной сценической выразительности, что закономерно отражает академическое лицо старейшего творческого коллектива.

Первые два фактора описывают важнейшие, доминирующие тенденции в формировании репертуара. Следующие три латентные переменные могут быть названы: «Фактор доступности», «Фактор остросюжетности», «Фактор трагедийности». Отличие фактора доступности от одноименной исходной шкалы состоит в том, что он выделяет спектакли, в которых «пересекаются» два обстоятельства: высокая доступность и низкая оценка по шкале «рациональность восприятия». Кроме того, если второй фактор (комедийно-развлекательный) выделяет спектакли, «доступные» в силу своей жанровой специфики, то здесь жанровая определенность отсутствует. Фактор IV интересен тем, что в нем «остросюжетность» противопоставляется «молодежности». Последний фактор интегрирует оценки спектакля по шкалам «мелодраматичности», «трагедийности» и «остросюжетности». Измерение по этой воссозданной шкале дает возможность упорядочить спектакли по «насыщенности» их «трагедийностью». В отличие от второго фактора он в силу малой дисперсии «выделяет» трагедийные постановки, но плохо дифференцирует все другие спектакли.

* * *

Работы, содержащие в себе попытки применения математики при анализе эстетических феноменов, справедливо отнести к исследованиям в области моделирования. Наибольшая сложность моделирования явлений искусства заключается в том, что сами они существуют лишь как «художественные модели» окружающей реальности. Исследуя пути схематизации, приводящей к созданию теоретического (математического) представления художественного образа, А. Моль с соавторами конструирует «лестницу», или шкалу, увеличивающейся абстрактности образа по отношению к объекту. На верхнем, двенадцатом «этаже» размещается «формализованное словесное описание или описание с помощью математических формул» [18, с. 235].

Суммируя результаты использования экспертной процедуры для оценки спектакля, применения методов корреляционного и факторного анализа при обработке полученной информации, интерпретации найденных математических решений, можно говорить о перспективности такого подхода к исследованию театрального репертуара.

Мы отчетливо понимаем трудности этого пути, видим барьеры, требующие для их преодоления значительного интеллектуального напряжения и желания по-новому увидеть традиционные задачи театроведения. С позиций оценки перспектив количественного анализа явлений искусства чрезвычайно важно выявить «крепости», не сдающиеся пока под напором математических методов. История развития науки блестяще демонстрирует временность подобных трудностей, нет основания считать проблему использования математики при изучении явлений театральной жизни исключением.

Литература

1. Алексеев А., Божков О., Дмитриевский В. К изучению социальных проблем функционирования театра в современных условиях.— В кн.: Проблемы социологии театра. М., 1974, с. 160—191.
2. Алексеев А., Божков О., Дмитриевский В. К исследованию роли театра в духовной жизни современного молодого человека.— В кн.: Методологические проблемы современного искусствоведения. Вып. 1. Л., 1975, с. 102—110.
3. Волович В. И. Надежность информации в социологическом исследовании. Киев, 1974.
4. Осипов Г. П., Андреев Э. П. Методы измерения в социологии. М., 1977.
5. Ковский В. В поисках целостности.— В кн.: Современная литературная критика. Вопросы теории и методологии. М., 1977.
6. Петти В. Экономические и статистические работы. Т. 1, М., 1940.
7. Бешелев С. Д., Гурвич Р. Г. Математико-статистические методы экспертных оценок. М., 1974.
8. Миркин Б. Г. Проблема группового выбора. М., 1974.
9. Филиппев Ю. А. Что и как познает искусство. М., 1976.
10. Устинов В. А., Фелингер А. Ф. Историко-социальные исследования, ЭВМ и математика. М., 1973, с. 63.
11. Докторов Б. З. Математико-статистический анализ признаков театрального репертуара.— В кн.: Театр и наука. М., 1976, с. 77—97.
12. Калмановский Е. С. Проблемы актерского творчества в современный театр. Автореф. канд. дисс. Л., 1972.
13. Морозова Г. В. Понятие темпо-ритма сценического движения. М., 1968.
14. Морозова Г. В. Пластический стиль спектакля. Автореф. канд. дисс. Л., 1968.
15. Лоули Д., Максвелл А. Факторный анализ как статистический метод. М., 1967.
16. Харман Г. Современный факторный анализ. М., 1972.
17. Дмитриевский В. Н. Театр юных поколений. Л., 1975.
18. Моль А., Фукс В., Касслер М. Искусство и ЭВМ. М., 1975.



В. И. Батов,
кандидат психологических наук

ФОРМУЛА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЛАКАТА

Плакат — одна из самых распространенных форм визуальной пропаганды и агитации. Появление новых технических средств пропаганды (радио-, теле-, кинопропаганда) лишь подчеркивает его преимущества, к числу которых следует отнести: практически неограниченное поле размещения при стационарном эффекте воздействия; лаконичность изобразительных средств делает плакаты доступными самой широкой аудитории; затраты на разработку и изготовление плакатов минимальны по сравнению с любыми другими средствами массовой информации и пропаганды.

По тематической направленности различают следующие виды плакатов: политический, культурно-просветительный, инструктивный, рекламный.

Советский плакат в какой бы сфере общественных отношений ни использовался, утверждает прежде всего социалистический образ жизни, являясь средством пропа-

ганды государственной и хозяйственной политики нашего общества. Партия и правительство постоянно уделяют большое внимание вопросам повышения эффективности воздействия плакатов. Еще в марте 1931 г. в постановлении ЦК ВКП(б) «О плакатной литературе» была отражена забота партии об эффективности массовых средств пропаганды и наглядной агитации. Столь ответственные задачи делают случайный поиск путей повышения эффективности визуальных средств пропаганды и агитации малоуспешным и экономически невыгодным.

Начало исследований

С первых дней Советской власти потребовалась упорная агитационно-просветительная работа. Здесь революционный плакат «сыграл свою решающую победоносную роль, затмив все доселе существующие приемы и опыты» [1]. Но роль эта сложилась не сразу. В то время весьма широкое распространение имели коммерческо-рекламные и кинорекламные плакаты [2], опыт создания и использования которых хотя и мог оказаться в определенных отношениях полезным, требовал коренного критического переосмысления основ разработки и внедрения новых социалистических принципов, отражающих как содержательные, так и эстетические функции плаката. Следует отметить, что в те годы велась интенсивная и бескомпромиссная критика художников, стоящих на позициях старого дореволюционного отношения к целевому назначению плакатов [3]. И это закономерно, так как в первые годы становления Советской власти все вопросы, пропагандируемые нашим государством, были неразрывно связаны с идеологической направленностью нового социалистического образа жизни.

Анализ плакатов с точки зрения определения критериев их эффективности проводился уже в середине 20-х годов. Так, например, отмечалось, что для авторов плаката весьма важно тщательное знакомство с той средой, для которой плакат предназначен, что при выборе образительных средств необходимо считаться с наиболее привычными ассоциациями и пользоваться ими [4]. Позже эти исследования приобретают систематический характер, отличаясь широким спектром и глубиной рассматриваемых вопросов.

Прежде всего ставился вопрос о показателях эффективности средств пропаганды. В частности, предлагалось различать показатели: «прямые» (практические), определяющие эффективность плаката в терминах практического применения, и «косвенные» (психологические). Причем особо подчеркивалось, что «решающее значение для плаката имеют психологические процессы, активизируемые плакатом» [5]. Чрезвычайно важна мысль о том, что косвенные методы определения эффективности пропагандистского материала должны быть методами прогностическими.

Особенностью подобных исследований также является то, что в них приводятся композиционные характеристики плакатов, в той или иной степени формирующие такие факторы восприятия, как доходчивость, эстетическая привлекательность, эмоциональная насыщенность и др. К таким характеристикам относятся: контрасты (цвета, формы, пропорции, содержания); одноплановость (отсутствие перспективы); ритм (повторение элементов, цвета, светлоты); связанность элементов плаката (изображение — текст) и др. К сожалению, отсутствует достаточно убедительный анализ их взаимосвязи с теми или иными психологическими фактами, имеющими место в процессе взаимодействия зрителя с плакатом.

Наиболее распространенным методом сбора информации о качествах плаката и его воздействии на аудиторию был метод опроса с последующей статистической обработкой данных. Примером может служить работа [6], где анализ анкет позволил сделать следующие выводы: нецелесообразность использования в плакате текстов большой длины; отрицательное влияние удлинения времени экспозиции на отношение зрителя к плакату (положительные отзывы сменяются критическими и отрицательными); различная ориентированность зрителей на смысловые и формальные особенности плаката (рабочие обращают внимание на содержание, студенты и служащие — на композиционные и стилистические особенности изображения и текста).

Ряд интересных наблюдений касается влияния отдельных компонентов плаката на его восприятие. Например, изучение роли цвета в процессе восприятия текстового компонента показало, что текст, адекватный по цвету основному моменту изображения, улучшает восприятие наглядных средств. Исследование восприятия

взаимоотношений целого и части в изображении показало, что сопоставление различных способов экспозиции частей и целого позволяет утверждать большую связь значащей части ситуации с целым по сравнению с менее существенной частью.

Иной подход к определению критериев эффективности плакатов утверждает, что объективные показатели не могут служить достаточным основанием для оценки действительной эффективности плакатов в силу того, что на формирование навыков поведения оказывают влияние многие факторы, учесть которые практически не представляется возможным. Предлагается использовать психологические показатели эффективности в силу того, что эти показатели в большей степени эффективны, так как опираются на прямую оценку воздействия плакатов. Но основное преимущество — это возможность определения аналитических выражений для вычисления психологических показателей.

Говоря об определяющей роли психологических показателей при оценке эффективности плакатов, нельзя не коснуться исследований в области психологии восприятия. В последние годы в этом направлении достигнуты значительные успехи в большой степени благодаря инженерно-психологическим исследованиям. Микроструктурный анализ зрительного восприятия позволил вскрыть весьма сложную структуру этого процесса [7]. Однако исследований, посвященных теоретическому анализу и практическому применению теории восприятия в сфере взаимодействия человека с плакатом, не проводилось, хотя на этом пути могут быть найдены конструктивные данные. Примером тому могут служить такие факты, как влияние «знаемого» содержания плаката на его эффективность, явление «эмоционального сопереживания», более эффективное воздействие «обобщенного» плаката и пр.

Методология

Краткий обзор некоторых результатов изучения эффективности воздействия плакатов позволяет заметить фрагментарность и незавершенность многих исследований. Центральный вопрос — определение понятия эффективности пропагандистского воздействия в свете оценки

роли наглядных средств — практически не ставился. Показатели эффективности всегда определяются как эмпирический факт, т. е. не несут прогностических функций. Наконец, часто отмечаемое требование адресности пропаганды фактически остается нереализованным.

Методологическим вопросам эффективности пропаганды уделяется очень большое внимание в партийной и советской печати. Основное понятие определяется следующим образом: эффективность пропаганды есть отношение достигнутых результатов в коммунистическом воспитании трудящихся, повышение их социальной активности к соответствующей исходной цели [8]. Это определение отражает структурный характер пропагандистского воздействия. Из него следует, что эффект пропаганды может иметь место на уровне формирования установок, т. е. готовности и принятию определенного содержания, также на уровне осознания информации и, наконец, на уровне действий, стимулом которых является данное пропагандистское воздействие. Соответственно показатели эффективности для каждого уровня будут качественно различны.

В обзорах о современном состоянии проблемы эффективности средств массовой информации приводятся данные, свидетельствующие об исследованиях на всех, указанных выше, уровнях. Так, «традиционным» направлением принято считать изучение отдельных факторов воздействия средств массовой информации при «текущем» контроле за процессом принятия материала, тогда как «функциональный» подход предусматривает отсроченную регистрацию в изменении поведения аудитории при указании на определяющую роль суммы факторов [9].

Все это убеждает, что исследование эффективности пропаганды на каком-либо одном уровне воздействия вполне правомерно как этап комплексного решения проблемы, где необходимо учитывать: целостность целей пропаганды; целенаправленное использование всех средств; учет условий трудовой деятельности и специфики социально-профессиональных групп населения [10].

И все же в настоящее время существует острая потребность в разработке методики изучения вопросов эффективности пропаганды [11]. Думается, что такая методика прежде всего должна быть разработана для уровня восприятия пропагандистского воздействия. Целесообразность акцентирования внимания именно на этом

уровне диктуется тем обстоятельством, что здесь мы впервые сталкиваемся с проблемой «адресности» пропаганды, так как информация достигнет своего наибольшего эффекта в том случае, если она имеет конкретного адресата, обращается не вообще к слушателю, читателю или зрителю, а учитывает интересы и запросы различных групп [12].

Истоки метода

Прежде всего возникает вопрос об индикаторах воздействия средств информации на человека. Здесь мы уже можем привлечь достижения некоторых научных дисциплин. Научные требования, предъявляемые к визуализации стимулов, предполагают поиск такой их формы, чтобы: а) стимул-знак был легко различим на фоне помех (аналогичная характеристика плакатов — привлечение внимания); б) уровень воздействия стимула-знака активизировал процессы запоминания (запоминаемость плакатов); в) обеспечивалась положительная эмоциональная насыщенность стимула-знака (эстетические свойства плакатов). Эти характеристики отражения объектов в сознании индивида являются, по существу, смысловыми факторами восприятия, т. е. значениями соответствующих свойств объекта.

Индикация названных факторов может быть осуществлена двумя принципиально различными способами: путем регистрации объективных показателей деятельности и путем анализа субъективных оценок (зрителя).

Анализ объективных, в частности психофизиологических, показателей требует не только количественной, но и качественной интерпретации, что далеко не всегда возможно. Более того, отдельные показатели вообще не могут быть однозначно интерпретируемы в понятиях психической деятельности человека. (Допустим, учащение сердцебиения — это результат положительного или отрицательного воздействия раздражителя? Вопрос, не имеющий ответа.) Интенсивные поиски интегральных объективных показателей, отражающих динамику функциональных состояний человека, ведутся, но, к сожалению, пока позитивных результатов не имеют.

Второе направление связано со становлением «экспериментальной эстетики» в 20-е годы текущего столетия.

Следует отметить, что этот период ознаменован ошутимым стремлением к поиску точных методов и критериев анализа продуктов духовной деятельности человека. Так, К. Валентайн привлекает данные психологии для объяснения эмпирических фактов в сфере восприятия продуктов художественно-изобразительного и музыкального творчества [13], Н. Морозов ищет формальные методы анализа литературного произведения. В 1932 г. появляется работа Г. Биркгофа, посвященная проблемам измерения эстетики, вызвавшая много споров и недоумений. Но истоки этого направления уходят гораздо дальше и имеют весьма убедительные основания. Речь идет о сформулированном в начале второй половины XIX в. основном психофизическом законе Вебера—Фехнера, устанавливающим функциональную зависимость между физическими и психологическими фактами. Далее, однако, поиски универсальной «формулы красоты» зашли в тупик в силу теоретической шаткости исходных гипотез.

Решение стало возможным благодаря разработке таких концепций, как психологическая теория деятельности, а также возникновению новых дисциплин, таких, как психолингвистика. И здесь симптоматична связь наук о языке с изобразительным творчеством. Знак в широком смысле, как средство отображения и передачи информации, может быть и словесным и графическим, что предполагает возможность использования идентичных методических приемов и при анализе речевой информации, и при анализе информации, закодированной с помощью изобразительных средств. Методическим завершением взглядов о единой знаковой природе языка общения стала точка зрения Ч. Осгуда о семантическом (смысловом) пространстве.

Значение объекта восприятия рассматривается как определенное место в системе социальных эталонов, выработанных в процессе трудовой деятельности человека. Таким образом, значение входит сразу в несколько смысловых полей. Поскольку каждое смысловое поле характеризуется определенным социально обусловленным свойством, значение объекта может быть представлено как сумма или пучок этих свойств [14]. Гораздо более сложный вопрос — интерпретация значений. Современная лингвистика исследует следующие виды значений: структурные — отношения между знаками; сигнифика-

тивные — отношение знака к содержанию понятия; денотативные — отношение знака к отображаемому предмету; прагматические — отношение знака к реакции на него со стороны воспринимающего субъекта. По вопросу о том, каким образом соотносятся описанные значения, в современной литературе нет единой точки зрения. Ч. Осгуд считал, что предложенная им процедура построения смысловых пространств позволяет объективно описать прагматические значения. Однако, как справедливо отмечают многие авторы, было бы правильнее говорить об эмоционально-оценочных, или метафорических, компонентах прагматического значения. И все же, несмотря на разногласия, концепция Ч. Осгуда оказалась весьма продуктивной. Это относится прежде всего к факту устойчивости структуры смыслового пространства. Кстати, обнаружение этого стало возможным потому, что построение пространств восприятия осуществляется формальными методами, представляющими собой описание на строгом символическом языке, и позволяющих адекватно отразить исследуемое явление в виде информационной или знаковой модели [15].

Методы. Результаты

Итак, метод оценки эффективности плакатов ориентирован на процессы зрительного восприятия и разрабатывается на базе математической модели смыслового пространства этой формы психической деятельности.

На первом этапе строится смысловое пространство, осями которого являются социально обусловленные факторы восприятия плакатов. Наименования и содержание факторов определяются экспериментально.

Второй этап — определение координат исследуемых плакатов в этом пространстве, или, что то же, определение степени выраженности фактора в плакате.

Третий этап — отбор художественно-изобразительных характеристик плакатов, значимо влияющих на степень выраженности факторов.

На четвертом, последнем этапе строится математическая модель, связывающая характеристики плаката с эффектом восприятия в каждом факторе.

Смысловое пространство строится с помощью метода, суть которого — в разбиении исходного тезауруса¹³ на независимые словари, определяющие содержание отдельных факторов. Единицей тезауруса является шкала, составленная антонимами и разделенная на семь категорий. Шкалы отбираются в соответствии с частотой употребления тех или иных понятий при описании эстетических, эмоциональных, художественно-изобразительных и других особенностей плакатов в различных аудиториях зрителей.

Группе лиц, составляющих определенную аудиторию (по профессиональным, демографическим или другим признакам), демонстрируется ряд плакатов, после чего их просят оценить качества этих плакатов по шкалам. Процедура оценки состоит в выборе категории на шкале, соответствующей субъективной оценке данного зрителя. Категории шкалы имеют единые значения для всех шкал. Например, при оценке какого-либо плаката по шкале «приятный — неприятный» можно выбрать любую из семи категорий этой шкалы: 1) очень (в полной мере) приятный (+3); 2) достаточно приятный (+2); 3) скорее приятный, чем неприятный (+1); 4) нельзя выбрать ни одно из этих двух качеств (0); 5) скорее неприятный, чем приятный (—1); 6) достаточно неприятный (—2); 7) очень (в полной мере) неприятный (—3).

Математическое построение смыслового пространства осуществляется с помощью методов многомерной группировки. Как правило, это — факторный анализ (ФА): математико-статистический метод, задачей которого является замена набора исходных параметров меньшим числом некоторых факторов, т. е. сжатие информации, экономное описание исходных наблюдений. Решением служит такая система факторов, которая адекватно передает информацию, имеющуюся в исходном наборе параметров [17]. Существует несколько вычислительных процедур ФА. В исследовании, результаты которого приводятся, был использован метод «максимального правдоподобия».

Выделенные факторы, т. е. оси пространства восприятия, подвергаются вращению с целью достижения такой структуры, которая была бы сравнительно легко интер-

¹³ Тезаурус — множество смысловыражающих элементов (слов, словосочетаний и т. п.) некоторого языка с заданными смысловыми отношениями [16].

претирваемой. Дело в том, что ни одна из процедур ФА не приводит к однозначному решению, и поэтому всегда принимаются некоторые ограничения. Один из принципов был предложен Л. Терстоуном — «принцип простой структуры» — и состоит в линейном преобразовании исходной факторной матрицы таким образом, чтобы нагрузки на факторы были представлены как можно рельефнее. Этот принцип в значительной мере выполняется с помощью специального метода вращения факторов — «варимакс». В результате использования указанных процедур с помощью ЭВМ получены факторные пространства для двух аудиторий зрителей: рабочих, занятых в сфере промышленного производства; инженерно-технических работников и служащих.

Из табл. 5 видно, что выделенные факторы независимы, т. е. образуют ортогональное трехмерное пространство. Шкалы, факторные веса которых ниже статистически значимых (для 1%-ного уровня), приравняются нулю.

Таблица 5

**Факторная структура смыслового пространства
восприятия плакатов
(аудитория — «рабочие»)**

Наименование шкалы	Факторы и веса шкал		
	Фактор № 1 «Эсте- тика пла- ката»	Фактор № 2 «Ин- форма- ционная плаката»	Фактор № 3 «Эмо- циональ- ность плаката»
Приятный — неприятный	0,77	0	0
Элегантный — неряшливый	0,72	0	0
Успокаивающий — возбуждающий	0,62	0	0
Изящный — неуклюжий	0,57	0	0
Упорядоченный — хаотичный	0,52	0	0
Осмысленный — бессмысленный	0	0,87	0
Точный — неопределенный	0	0,76	0
Характеризующий обстановку — не характеризующий обстановку	0	0,75	0
Информирующий — дезинформирую- щий	0	0,63	0
Запоминающийся — забывающийся	0	0,50	0
Серьезный — смешной	0	0,52	0,64
Знакомый — незнакомый	0	0	0,68
Спокойный — энергичный	0	0	0,58
Рациональный — эмоциональный	0	0	0,54

Интерпретируемость фактора, т. е. приписание ему наименования, в конечном счете зависит от смысловой близости группы составляющих его шкал. Так, в табл. 5 представлены шкалы, образующие конкретный фактор, и веса, указывающие на степень влияния данной шкалы в формировании фактора. Представленная информация позволяет дать наименования факторам и определить их роль в процессе восприятия.

1. Фактор «эстетики плаката» — отражает оценочно-эстетическое отношение к плакатам в аудитории.

2. Фактор «информационности плаката» — отражает познавательную ценность плаката для аудитории.

3. Фактор «эмоциогенности плаката» — отражает уровень эмоционального воздействия плаката на аудиторию.

Как отмечалось, подобные факторные пространства восприятия были получены для двух аудиторий: рабочих и ИТР. Содержательный и количественный анализ сравнения этих пространств показал, что они не тождественны. Это означает, что получены объективные данные для практической реализации часто высказываемого требования учитывать адресность при разработке средств наглядной агитации и пропаганды.

Выделенные факторы являются, по существу, основанием методики получения эмпирических оценок эффективности восприятия плакатов. Для получения таких оценок необходимо провести опрос о качествах плакатов в условиях их реального восприятия по соответствующим шкалам. Усреднение оценок по группам шкал, образующих фактор, даст величину выраженности данного фактора в исследуемом плакате.

Однако на основе этих оценок еще нельзя сделать вывод о том, какие же свойства плаката определяют полученный эффект. Необходимо как-то связать художественно-изобразительные особенности экспонируемых плакатов с теми эффектами, которые они вызывают в данной аудитории, т. е. необходимо разработать аналитические модели восприятия, достаточно хорошо описывающие данные эмпирического исследования. Понятно, что подобные модели позволят рассчитывать ожидаемые эффекты воздействия еще на стадии проектной разработки плаката, т. е. эти модели, по существу, будут прогностическими.

Средства композиции, реализуя такие принципы, как

единство, соразмерность, создают гармоническую структуру плаката и обеспечивают тем самым эффективное протекание психических процессов. В то же время средства художественной разработки являются комплексом правил, и поэтому правомерно поставить вопрос об их определяющей роли в формировании психологических особенностей восприятия плаката.

Результаты настоящего исследования можно представить в виде упорядоченных показателей: семантический фактор и выраженность данного фактора в данном плакате. Эту информацию необходимо качественно проанализировать с точки зрения специфики художественно-изобразительных отличий плакатов, занимающих первые места в данном ряду, от плакатов, занимающих последние места. Если такой анализ будут проводить специалисты (искусствоведы, художники-плакатысты), то высказанные ими соображения о специфике приемов могут служить основанием для выдвижения гипотез о влиянии тех или иных художественно-изобразительных приемов на формирование смысловых факторов восприятия.

В результате проведенного опроса специалистов были отобраны следующие художественно-изобразительные приемы:

1. Контраст.

Контраст — художественно-изобразительное средство моделировки объемной формы или пространственных отношений. По своей природе и назначению контрасты столь же многообразны, как и свойства изображаемой реальности. В частности, различают цветовой и свето-теневой контрасты: ахроматический — видимое изменение цвета по светлоте, хроматический — видимое изменение по цветовому оттенку [18]. Названные разновидности контраста мы будем учитывать не только в проработке локального цвета, но и в рефлексах. Способ кодирования: «+1» приписывается в случае использования ахроматического контраста в изображении; «—1» — в случае хроматического контраста.

2. Архитектоника.

Архитектоника — совокупность структурных элементов композиции в изобразительном искусстве — призвана, усиливая ясность и действенность предметной композиции, способствовать выразительности ее идейно-образного содержания [19]. Мы будем говорить об акцентированной архитектонике изображения. В первом случае

предполагается наличие одного-двух элементов, являющихся зрительными центрами композиции, все выразительные средства которой подчинены цели выявления этих элементов. Во втором случае имеется в виду многоэлементная композиция, не имеющая зрительного центра, т. е. элементы которой равноправны. Способ кодирования: «+1» приписывается в случае акцентированной архитектоники, «-1» — в случае неакцентированной архитектоники.

3. Шрифт текста плаката.

Текст в плакате несет две функции: смысловую и художественно-изобразительную. В последнем случае не случайно широко используются шрифты различной гарнитуры. В данном случае будем различать текст, выполненный шрифтом единой гарнитуры (приписывается «+1»), от текста, выполненного шрифтом различной гарнитуры (приписывается «-1»).

4. Направленность текста плаката.

Эта характеристика отражает форму обращения к аудитории, поэтому она, естественно, не может в полной мере считаться визуальной (разве только за счет знаков препинания и акцентирования с помощью гарнитуры шрифта). Будем различать императивную (приписывается «+1») и повествовательную направленность (приписывается «-1») текста.

5. Моделировка изображения.

В изобразительном искусстве моделировка — передача объемно-пластических и пространственных свойств предметного мира. Наиболее характерным для реалистического изобразительного искусства является способ передачи пространственных отношений с помощью перспективы. Однако в такой форме, как плакат, часто используются другие средства моделировки изображения. Среди них мы отметим кулисный способ изображения пространства, при котором все крупные формы даются одна за другой так, чтобы предметы, стоящие впереди, только частично закрывали предметы второго и третьего плана [20]. Способ кодирования: «+1» приписывается в случае моделировки с помощью кулисного изображения пространства, в котором объекты изображения находятся в активном взаимодействии в направлении главного луча зрения; во всех остальных случаях приписывается «-1».

В данной работе мы задаем двухуровневую форму

оценки визуальных характеристик ввиду того, что однозначные определения художественно-изобразительных средств, в частности плаката,— задача далеко не решенная, и в этой связи, разумеется, гораздо легче оперировать двухуровневой формой.

Для того чтобы иметь возможность использовать все процедуры статистического анализа (например, найти количественную зависимость уровня фактора от некоторой комбинации композиционных характеристик плаката), были рассчитаны интервалы шкал (для всех предстоящих процедур достаточно было оперировать порядковыми величинами).

Последний этап — поиск количественного выражения фактора при различных сочетаниях композиционных характеристик плаката. Для этого использовались процедуры планирования факторного эксперимента и расчет соответствующих регрессионных уравнений [21]. Приведем математическую модель смыслового фактора восприятия «Эстетика плаката» для аудитории «Рабочие».

$$U_1 = 0,27 + 0,03x_1 - 0,12x_2 - 0,02x_3 - 0,06x_4 - 0,15x_5 + \\ + 0,08x_1x_2 - 0,02x_1x_3 - 0,14x_1x_4 - 0,04x_1x_5 + 0,13x_2x_3 - \\ - 0,02x_2x_4 + 0,09x_2x_5 - 0,23x_3x_4 - 0,09x_3x_5 + 0,12x_4x_5.$$

Расчет ожидаемого эффекта воздействия плаката по данному смысловому фактору предельно прост: в уравнение подставляются соответствующие кодированные оценки характеристик в порядке их описания в тексте для конкретного плаката (или же его проекта) и подсчитывается алгебраическая сумма. Итог даст количественное определение прогнозируемого эффекта воздействия данного плаката по данному смысловому фактору.

Полученные математические модели по трем факторам для исследованных аудиторий имеют статистически значимые коэффициенты. Это означает, что соответствующие характеристики плаката значимо влияют на формирование смысловых факторов восприятия. Знак перед коэффициентом говорит о направлении, в котором данный композиционный прием изменяет результирующий эффект восприятия.

Для иллюстрации точности прогнозируемой оценки эффекта воздействия плаката с фактическим эффектом приведем оценки трех экспериментальных плакатов, предоставленных издательством «Плакат» ЦК КПСС и от-

носящихся к серии «Женщины Страны Советов». Данные представлены в табл. 6.

Т а б л и ц а 6

**Фактический и расчетный эффект восприятия плакатов
в аудитории «Рабочие»**

Плакат. Год издания	Фактический			Расчетный		
	эсте- тика	инфор- мацион- ность	эмоцио- ген- ность	эсте- тика	инфор- мацион- ность	эмоцио- ген- ность
1600 тыс. женщин ра- бониц ждут наши заводы и фабрики. Краснодар, 20-е го- ды	+0,03	+0,54	+0,37	+0,03	+0,57	+0,35
Лучших ударниц колхозниц — в пар- тию Ленина. М., 30-е годы	0	+0,26	+0,49	+0,01	+0,25	+0,49
Буду мастером на ферме. М., 1976	+1,10	+1,02	+0,28	+1,11	+1,01	+0,27

Из приведенных данных следует, что приближение расчетных оценок к фактическим достаточно хорошее, что позволяет рекомендовать предложенный подход в качестве основы для разработки методов прогнозирования эффекта воздействия плакатов.

Перспективы

В заключение следует отметить, что предложенный подход правильнее рассматривать как первую попытку в поиске критериев эффективности. Следует ожидать положительных организационных и экономических эффектов, которые последуют за внедрением подобных методов.

Развитие этого направления связано, во-первых, с уточнением основных понятий теории изобразительного искусства, таких, например, как композиция, тон, колорит и пр. Их многозначность в настоящее время является препятствием на пути разработки аналитических моделей восприятия продуктов художественно-изобразительной деятельности. Во-вторых, приведенная модель — не единственно возможная, и дальнейший поиск состоит в выборе наиболее приемлемых. Наконец, в-третьих, про-

гностические модели фактически являются основанием для разработки рекомендаций по оптимальному проектированию средств информации с учетом влияния на различные аспекты смыслообразования и с учетом адресности сообщений, т. е. могут и должны служить инструментом социально-экономического регулирования процессов внедрения средств массовой информации.

Литература

1. Охочинский В. Плакат. Л., Изд-во Академия художеств, 1926, с. 78.
2. Масленников Н. Н. Плакат. М., Театропечать, 1930.
3. Вайсфельд И., Михайлов А. Плакатино-картинная агитация на путях перестройки. М.-Л., Огиз, 1932.
4. Багочев А. Плакат. Л., «Благо», 1926.
5. Рейтынбарг Д. И. Плакат по безопасности труда в СССР и за границей. М., Огиз, 1931, с. 67.
6. Барановский Ф. Н. Классификационная схема внимания. К вопросу о плакатах по технике безопасности. М.—Л., 1931.
7. Зинченко В. П. Зрительное восприятие и творчество.— «Техническая эстетика». 1975, № 6, 7, 9.
8. Поздняков П. В. Вопросы определения критериев эффективности партийной пропаганды.— В сб.: «Научные основы коммунистической пропаганды. Материалы международного симпозиума». М., Политиздат, 1975.
9. Бойко В. В. О двух подходах к эффективности массовой коммуникации в американских и английских исследованиях.— В сб.: «Журналист, пресса, читатель», Л., Изд-во ЛГУ, 1969.
10. Андреев Б. С. Комплексный подход к организации пропаганды — необходимое условие повышения ее эффективности.— Сб.: «Научные основы коммунистической пропаганды. Материалы международного симпозиума». М., Политиздат, 1975.
11. Вишняков А. Некоторые вопросы эффективности партийной пропаганды.— «Политическое самообразование», 1972, № 10.
12. Максудов Л. М. Некоторые проблемы изучения эффективности внешнеполитической пропаганды.— В сб.: «Научные основы коммунистической пропаганды. Материалы международного симпозиума». М., Политиздат, 1975.
13. Валентайн К. Психология красоты. М.—Л., «Пучина», 1922.
14. Апресян Ю. Д. Современные методы изучения значений и некоторые проблемы структурной лингвистики.— В сб.: «Проблемы структурной лингвистики». М., «Наука», 1963.
15. Бойко Е. И. В чем же состоит «развитие взглядов?» — «Вопросы психологии». 1971, № 1.
16. Шрейдер Ю. А. Тезаурус в информатике и теоретической

лингвистике.— В сб.: «Философские проблемы психологии общения», Фрунзе, 1976.

17. Лоули Д., Максвелл А. Факторный анализ как статистический метод. М., «Мир», пер. с англ., 1967.

18. Беда Г. В. Живопись и ее изобразительные средства. М., «Просвещение», 1977.

19. Краткий словарь терминов изобразительного искусства. М., «Советский художник», 1965.

20. Костин В., Юматов В. Язык изобразительного искусства. М., «Знание», 1978.

21. Адлер Ю. П. Введение в планирование эксперимента. М., «Металлургия», 1969.



В. М. Петров,
кандидат физико-математических наук

В. С. Грибков,
художник

В. С. Каменский,
инженер-математик

ПОВЕРИТЬ ГАРМОНИЮ... ЭКСПЕРИМЕНТОМ

Человек пришел в музей. Он идет по залам, останавливаясь перед отдельными картинами. Некоторые из них ему нравятся больше, некоторые — меньше, иные — не нравятся вовсе. Одно и то же произведение искусства может вызывать у разных зрителей совершенно различные чувства: одному эта картина нравится тем, что в ее сюжете нашли отражение события, волнующие данного зрителя; другой восхищен пластической гармонией, третий — гармонией красок и т. д. Как узнать, что именно испытывают те или иные зрители, стоя перед картинами в музее? Что они ценят в живописи? Что они любят в кар-

тинах, а что — нет? Ответы на эти вопросы нужны для многих целей. В частности, они могли бы помочь совершенствованию музейного дела, труда экскурсоводов и т. д. Наконец, ответы на эти вопросы могли бы дать многое для лучшего понимания работы человеческой психики...

Современная наука еще далека от того, чтобы достаточно полно решить все эти проблемы. Однако она настойчиво ищет способы их решения. В данной статье мы остановимся только на тех из нащупываемых сейчас способов, которые имеют дело непосредственно с изучением поведения (реакций) зрителя.

Когда мы сталкиваемся с таким качественным разнообразием, кажущейся полной несопоставимостью и объектов восприятия (картин), и воспринимающих их индивидов (зрителей), то первой приходящей в голову мыслью является идея невозможности строгого математизированного изучения подобных явлений, таких, как восприятие зрителем живописи в музее. Однако не будем спешить с выводами. Посмотрим, в каких экспериментах можно получить информацию об этих явлениях, которую можно было бы затем подвергнуть математической обработке и получить количественное описание? Какие модели могут быть при этом использованы? Попытаемся построить классификацию возможных подходов к изучению этой проблемы.

На путях проверки гармонии

Возможные подходы к этой проблеме можно, по-видимому, как-то упорядочить, разбить на несколько групп. Что же может послужить основанием для такого разделения?

Поскольку исследователь интерпретирует результаты эксперимента в своих, вполне определенных категориях и терминах, а зритель воспринимает объекты (картины) и оценивает их, пользуясь своими собственными категориями и терминами, целесообразно положить именно это потенциальное противоречие в основание нашей классификации. Так как исследовательская интерпретация всегда вербально (словесно) оформлена, надо обратить внимание на ту (по отношению к вербальной) форму, в

которой информация поступает от зрителя к экспериментатору. Тогда все возможные экспериментальные методы можно выстроить вдоль некоей «оси вербальности эксперимента».

На одном полюсе этой оси будут находиться **непосредственно вербальные методы**, т. е. методы, использующие вербальное поведение зрителя как основной источник информации. Здесь находится, прежде всего, опрос зрителей, изучение высказываемых ими суждений (в основном о картинах и их свойствах). Вопросы, которые при этом исследователь задает зрителю, могут быть двух типов: «открытые» и «закрытые».

При открытых вопросах исследователь, опрашивая зрителя, не навязывает ему никаких вариантов ответа, психологических или искусствоведческих категорий или терминов и т. п.; примеры таких вопросов: «Что вам нравится в данной картине? В живописи вообще?» На эти вопросы зритель дает словесные ответы. Анализируя эти ответы, исследователь делает определенные выводы о том, какие именно свойства данной картины (или живописи вообще) существенны для восприятия тех или иных зрителей, что они ценят более всего в искусстве и т. п. Для такой интерпретации могут быть использованы различные технические приемы обработки информации, например, контент-анализ, или анализ содержания высказываний (описание методов контент-анализа см., например, в [1]). Иногда эти высказывания могут не иметь непосредственного отношения к воспринятой картине (например, можно изучать высказывания зрителя на какую-либо тему до и после восприятия картины), но в качестве исходной информации все-таки служит вербальный материал.

Закрытый вопрос имеет уже готовый перечень ответов — набор вариантов, из которых зритель должен выбрать какой-то один (а иногда не обязательно один). Примером исследования с использованием закрытых вопросов является так называемый метод семантического дифференциала (применению которого к изобразительному искусству посвящены, в частности, статьи [2—4]). Зрителю задают вопросы типа: «Оцените, пожалуйста, какое место занимает данная картина на шкале **теплое — холодное?** На шкале **оригинальное — банальное?**» и т. д. Предлагаемые при этом шкалы имеют несколько градаций (обычно 5 или 7): «очень теплое», «теплое», «скорее

теплое, чем холодное», «ни теплое, ни холодное», «скорее холодное, чем теплое», «холодное», «очень холодное»; «очень оригинальное», «очень банальное» и т. п. Зритель указывает, какой градации каждой из таких шкал (обычно таких шкал бывает несколько десятков в одном эксперименте) соответствует, по его мнению, данный объект — картина. Можно, впрочем, пользоваться и непрерывной шкалой. Получив ответы от многих зрителей, а затем подвергнув их соответствующей математической обработке (чаще всего с помощью факторного анализа), исследователь может сделать содержательные выводы о характере зрительского восприятия, его типологии и т. д. Закрытый вопрос также иногда может не иметь непосредственного отношения к воспринятой картине (например, можно изучать восприятие какого-либо иного объекта до и после восприятия картины), но выбираемое суждение всегда имеет вербальный характер.

Не останавливаясь подробнее на других модификациях подобных методов, основанных на получении от зрителей различных вербальных суждений, отметим основной недостаток этих методов. При восприятии искусства существует особенно большая дистанция между истинными чувствами (ощущениями, оценками) и выражением их в вербальной форме. Дело даже не в том, что зритель может быть неискренен в своих ответах на задаваемые ему вопросы. Даже в случае искренности он, как правило, не осознает своих интимных реакций на произведение искусства и уж тем более не в состоянии выразить их достаточно четко вербально. В тех случаях, когда ему предлагается выбрать наиболее подходящее суждение из определенного набора («веера») возможных ответов, эти «подсказки» могут оказаться совершенно неадекватными тому образу воспринятого объекта, который сложился у зрителя (т. е. зритель оценивает объект, пользуясь совсем не теми категориями, которыми пользуется исследователь). Поэтому, признавая полезность таких методов для изучения восприятия искусства (поскольку они все-таки могут пролить свет на целый ряд аспектов восприятия), следует всегда сознавать их некоторую «ущербность», недостаточную приспособленность для подобных целей.

На другом полюсе упомянутой оси находятся методы, в которых от зрителя не требуется какого-либо осознания своих реакций на воспринимаемый объект и вовсе

не используется зрительское вербальное поведение. Это в первую очередь различные виды наблюдения над поведением зрителей в естественных условиях (т. е. без использования специальных измерительных устройств): изучение времени, которое они затрачивают на рассматривание различных картин, мимики зрителей и т. д. Здесь же находятся и сугубо физиологические методы исследования: замеры биотоков (электроэнцефалография), кожно-гальванической реакции, движений глаз при рассматривании картины (см., например, описание перемещений точки фиксации зрачка при восприятии живописи [5]) и т. д. Техника таких исследований достаточно отработана, но интерпретация получаемых результатов сталкивается с принципиальной трудностью: наблюдая чисто физиологические реакции (или даже поведенческие реакции), обычно бывает очень трудно сказать, каким процессам психической деятельности они соответствуют. Поэтому интерпретация наблюдаемых феноменов не является однозначной.

Наконец, где-то в середине упомянутой оси (но все-таки ближе к последнему из двух упомянутых полюсов) находится группа методов, в которых хотя и не используется осознание зрителем своих реакций на объект и от зрителя не требуется какого-либо вербального поведения, но тем не менее необходима определенная **деятельность**, более или менее осознанная и **связанная** с воспринятыми **объектами**. Эта деятельность в принципе может быть направлена на любые объекты, но если эти объекты по своей природе далеки от живописи, то, очевидно, будут велики и трудности интерпретации такого поведения. Конечно, лучше, если эти объекты будут близки по своей природе к живописи (например, когда зритель сам что-то рисует под влиянием живописи) или даже будут непосредственно являться произведениями живописи. В последнем случае зритель должен каким-то образом группировать картины (не обязательно те, восприятие которых изучается в данном исследовании), упорядочивать их. И конечно же, еще лучше будет, если это те картины, восприятие которых изучается, потому что тогда можно делать определенные выводы о характеристиках (данных конкретных картин), влияющих на зрителя. Именно такие исследования и будут рассмотрены далее в нашей статье.

Операции, которые зритель должен выполнять над

воспринятыми картинами, могут быть самыми различными: от указания места, в котором, по мнению данного зрителя, следует «удачнее всего» разделить данную картину на две части, до сортировки картин (когда зритель, например, делит всю совокупность воспринятых им картин на несколько групп или упорядочивает эти картины [6]). Из всех этих вариантов наиболее «выигрышными» являются те, в которых исследователю становится известным **знак изменения эмоции** зрителя при переходе от одних картин к другим (т. е. когда исследователю удается узнать, какие из данных картин нравятся зрителю больше, а какие меньше). Это приводит нас к необходимости просить зрителя давать какую-то **интегральную сравнительную оценку** разным картинам (но не вербальный анализ картин в каких-либо исследовательских терминах, что, как мы уже показали ранее, может сильно дезинформировать исследователя). В какой форме должна даваться эта оценка?

Общая теория измерений (см., например, [7]) говорит, что существует три основные формы, в которых может быть представлена подобная информация о сравнительной оценке объектов. Эти три формы соответствуют трем типам шкал: шкале отношений, порядковой шкале и интервальной шкале. В первом случае зрителя просят сказать, во сколько раз одна картина ему нравится больше, чем другая; однако во многих психологических экспериментах было показано, что испытуемые плохо справляются с подобными цифровыми операциями (человеку трудно подать свои эмоции в цифровой форме, тем более эмоции, относящиеся к таким трудносопоставимым, сугубо индивидуальным объектам, как картины). Поэтому нельзя относиться к тем числовым оценкам, которые зритель выставит различным картинам, как к числам, пропорциональным интенсивности эмоции данного зрителя в связи с данными картинами. Неправоммерно пользоваться для этих целей и последней, интервальной шкалой: в этом случае зрителя просят оценить интервалы между воспринятыми картинами, т. е. расположить их в таком порядке, чтобы, скажем, разница в оценке между пятой и шестой картинами отвечала такой же разнице в эмоции, как между шестой и седьмой картинами. Ясно, что применительно к восприятию живописи этот метод тоже нельзя считать адекватным.

Наиболее соответствует нашим целям, очевидно, по-

рядковая шкала. В этом случае зрителя просят только упорядочить воспринятые им картины по предпочтению: поставить на первое место (ранг $r=1$) ту картину, которая нравится ему более всего, на второе место ($r=2$) — ту, которая нравится несколько меньше, на третье ($r=3$) — еще менее понравившуюся картину и т. д. При этом вовсе не считают, что номер места (ранг) линейно связан с интенсивностью эмоции зрителя (пропорционален ей). С подобными задачами, как свидетельствуют психологические эксперименты, испытуемые справляются обычно сравнительно хорошо; не является большой преградой и то, что иногда отдельные объекты кажутся испытуемому нравящимися в одинаковой степени¹⁴.

Существует много методов для обработки такой «порядковой» информации, которая встречается очень часто в психологических исследованиях. Занимаясь обработкой, исследователь должен иметь какую-то модель того, за счет каких процессов воспринятые картины выстраиваются зрителем в определенном порядке. При этом возможны два типа моделей. Первый тип отвечает одномерному восприятию: считают, что имеется только какая-то одна характеристика, в разной степени присущая различным картинам (например, близость сюжета картины к интересам зрителя), чем и определяется тот порядок, который придали картинам данный зритель. Второй тип соответствует многомерной ситуации: считают, что у картин может быть несколько подобных характеристик, детерминирующих поведение зрителя (такими характеристиками могут быть, например, не только близость сюжета к интересам зрителя, но и вдобавок к этому и цветовое богатство картины, и пластическая гармония и т. д.). Повидимому, многомерная модель должна быть предпочтительнее одномерной, должна лучше описывать реальную ситуацию.

Таким образом, мы «естественным путем» пришли к тому, что для целей экспериментального математизированного изучения процессов восприятия зрителями жи-

¹⁴ Это так называемая ситуация «связанных рангов». Допустим, зритель поставил на первое место картину A , на второе — картину B , а на третье — сразу две картины — C и D . Такая ситуация может быть отражена, например, тем, что картине A мы припишем ранг $r_A=1$, картине B — ранг $r_B=2$, картине C — $r_C=3,5$ и картине D — тоже $r_D=3,5$. Именно этот способ представления связанных рангов и будет использован нами далее.

вописи лучше всего обратиться к экспериментам, в которых получаемая от зрителей информация является порядковой, а используемая при обработке этой информации модель — многомерной. Такое сочетание соответствует методу, получившему название метода неметрического многомерного шкалирования. Ниже, на примере одного из вариантов этого метода, мы продемонстрируем те возможности, которые он открывает для количественного исследования взаимодействия человека и искусства.

О чем говорят предпочтения

Предположим, что, воспринимая объекты из какой-то однородной совокупности (набора), индивид производит оценку объектов, опираясь на какие-то из воспринятых характеристик этих объектов. К моменту когда индивид производит сравнительную оценку — упорядочение разных объектов одного набора, у индивида уже имеется некое наиболее предпочтительное сочетание объектных характеристик (которое представляется данному индивиду наилучшим). От этой «идеальной точки» индивид и производит «отсчеты», когда выполняет упорядочение объектов набора. При этом индивид руководствуется правилом (здесь несущественно, осознает он это или нет): чем ближе данный объект по своим существенным для восприятия характеристикам к «идеальной точке» данного индивида, тем более высокую оценку получает этот объект у индивида. Поэтому индивид припишет ранг $r=1$ тому объекту, который ему кажется более всех близким к «идеальной» комбинации характеристик (или, что, правда, бывает очень редко, даже полностью совпадает с этой «идеальной» комбинацией); на второе место ($r=2$) индивид поставит другой объект, следующий за первым по степени удаленности характеристик от «идеальной» комбинации, и т. д.

Сказанное эквивалентно введению некоего пространства параметров — воспринимаемых объектных характеристик, в котором индивид представлен его идеальной точкой, а объекты — точками, на разные расстояния удаленными от идеальной точки данного индивида ¹⁵ и пото-

¹⁵ На рис. 16 схематически показан фрагмент такого пространства (случай двух параметров — u_1 и u_2). Два индивида X и Y представ-

му «заслуживающими» у него разные оценки — от самых высших (первые ранги; объекты, близкие к идеальной точке) до самых низших (последние ранги; объекты, далекие от идеальной точки). Вся задача состоит в том, чтобы построить, реконструировать это пространство (неизвестное вначале экспериментатору) и найти в нем положения всех точек-объектов и всех точек-испытующих, используя в качестве опоры — исходной информации — упорядочения, данные испытываемыми индивидами. При этом предполагается, что все испытываемые пользуются для оценки объектов одной и той же совокупностью параметров (т. е. что имеется какое-то пространство параметров, используемых индивидами для оценок объектов, и в нем зафиксированы точки-объекты на одних и тех же позициях для всех испытываемых), но каждый испытываемый обладает собственной идеальной точкой в пространстве этих параметров.

Если подвергнуть испытанию только одного индивида, то результаты данного им упорядочения объектов могут быть легко «вложены» в пространство любой размерности (в частности, в одномерное пространство, в котором точки-объекты и идеальная точка индивида расположены на одной прямой линии). Когда же имеются результаты упорядочений, представленных достаточно большим числом индивидов (в описываемом далее эксперименте 99 индивидов), то абсолютно непротиворечивая картина может получиться всегда, если прибегнуть (как показано в общей теории) к представлению точек-объектов в пространстве весьма высокой размерности (в описываемом далее эксперименте — в 11-мерном пространстве, поскольку оценивалось 12 объектов-картин). Но такое представление не имеет никакой ценности, так как (если даже не учитывать прочих, не приводимых здесь аргументов) известно, что каждый индивид способен на практике руководствоваться сравнениями лишь по очень не-

лены соответствующими идеальными точками; восприятию и оценке подлежат 9 объектов: A, B, C, \dots, I . Для определения порядка, в котором индивид выстроит воспринятые объекты, надо начать описывать окружности возрастающего радиуса вокруг идеальной точки этого индивида. Чем раньше точка-объект попадет внутрь образовавшегося круга, тем более высокий ранг получит этот объект в упорядочении, которое составит данный индивид. Для индивида X это упорядочение $H-G-(B, C, E, I)-A-F-D$; для индивида Y : $D-F-A-(E, I)-G-(C, H)-B$; объекты, заключенные в скобки, обладают одинаковыми («связанными») рангами.

большому числу параметров, а параметры предполагаются общими для всех индивидов (из рассматриваемой группы); кроме того, для содержательного анализа исследователю нужна картина, имеющая также очень небольшое (не более 2—3) число параметров, которые должны отвечать характеристикам картины, самым существенным для оценки ее индивидом. Поэтому и возникает задача приближенного «вложения» точек-объектов в пространство минимальной размерности, решаемая методами неметрического многомерного шкалирования [8].

Результатом применения процедур, специально разработанных для этой цели, является картина — конфигурация невысокой размерности (в описываемом далее эксперименте оказалось достаточным ограничиться двумерной конфигурацией, т. е. представлением на плоскости), удовлетворяющая условию: порядок расстояний от точек-объектов до идеальной точки каждого индивида должен более или менее совпадать с тем реальным упорядочением, которое этот индивид дал в эксперименте. Например, если какой-то индивид оценил объект *A* выше, чем объект *B*, то и на построенной конфигурации объекту *A* полагается находиться ближе к идеальной точке

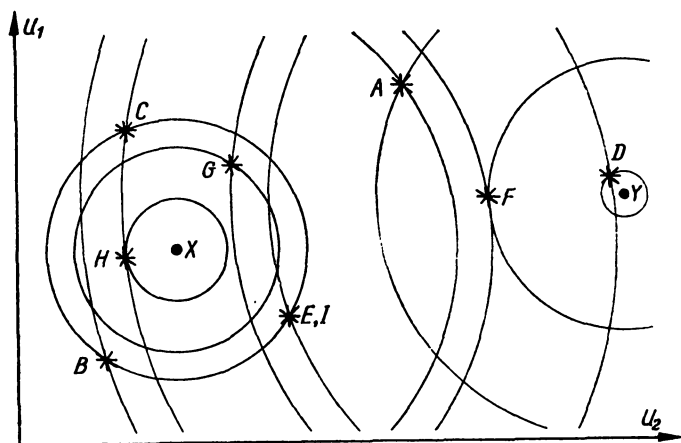


Рис. 16. Схематическое изображение фрагмента двумерного пространства восприятия с расположенными в нем двумя идеальными точками индивидов (*X* и *Y*) и девятью воспринимаемыми объектами (*A*, *B*, *C*, ..., *I*)

этого индивида, чем объекту *B*, и такое соотношение будет выполняться для подавляющего большинства индивидов и объектов¹⁶. Построенная конфигурация оказывается очень хорошо приспособленной к дальнейшему, уже содержательному, анализу, поскольку исходная информация на ней визуализирована (переведена в визуальную форму). Благодаря визуализации становится возможным анализ близости различных объектов друг к другу, близости друг к другу различных индивидов, содержательная интерпретация различных осей, которые можно проводить на полученной конфигурации, и т. д. Сказанное станет яснее, когда в процессе обсуждения результатов эксперимента, описываемого далее, мы обратимся к практическому использованию этих возможностей. Мы выясним, о чем говорят предпочтения зрителей, т. е. как по упорядочениям картин зрителями можно построить конфигурацию этих картин в пространстве зрительского восприятия.

Эксперимент: картины, зрители и гипотезы о воспринимаемых параметрах

В солнечный майский день 1976 г., когда Выставочный зал Музея изобразительных искусств им. А. С. Пушкина был занят выставкой картин из музеев США, на втором этаже музея был поставлен эксперимент. В трех соседних залах было отобрано 12 картин французских художников прошлого столетия, а сотрудница музея, стоявшая у входа в эти залы, раздавала посетителям листки — бланки опроса. На каждом бланке был напечатан список картин (с указанием фамилии художника), а также простейшие вопросы об обследуемом зрителе (социально-демографические характеристики: пол, возраст, образование, профессия, место жительства). Каждому посетителю кратко объясняли общие цели эксперимента — изучение зрительских вкусов, а затем просили оценить картины из списка, пользуясь 10-балльной системой, выставляя картине тем больше баллов, чем больше она нравится данному посетителю.

¹⁶ То, насколько хорошо выполняются все эти соотношения для построенной конфигурации, показывает так называемый «коэффициент соответствия», вычисляемый для каждой конфигурации.

Возле каждой картины, отобранной для эксперимента, был повешен специальный вымпел—флажок, позволявший опрашиваемым быстро выделить «списочную» картину из всего массива картин постоянной экспозиции. В случаях затруднения сотрудники, наблюдавшие за ходом эксперимента, давали необходимую консультацию. Маршрут посетителей по залам с отобранными картинами определялся тем порядком, который был в бланке у каждого посетителя¹⁷. Оценка каждым посетителем картин всего набора продолжалась обычно 20—30 минут; всего за время эксперимента (около 6 часов) было опрошено 108 посетителей; обращалось внимание на то, чтобы между опрашиваемыми во время эксперимента не было контактов, влияющих на оценку картин. Вот список картин, участвовавших в эксперименте (табл. 7).

Таблица 7

№ пп	Художник	Название картины	Размеры (вы- сота, шири- на), см
1	Монсио	Сократ у Аспазии	65×81
2	Герен	Аврора и Кефал	257×178
3	Энгр	Мадонна перед чашей с при- частием	116×84
4	Т. Руссо	В лесу Фонтенбло	64×54
5	Дега	Голубые танцовщицы	65×65
6	Моне	Завтрак на траве *	130×181
7	Моне	Белые кувшинки **	89×93
8	Редон	Весна	178×120
9	Ренуар	Обнаженная ***	92×73
10	Ренуар	Портрет госпожи Самари****	56×47
11	Луар	Дым окружной железной до- роги	172×296
12	Лепаж	Деревенская любовь	194×180

* На последующих конфигурациях сокращенно обозначена:
Моне-1.

** На последующих конфигурациях сокращенно обозначена:
Моне-2.

*** На последующих конфигурациях сокращенно обозначена:
Ренуар-1.

**** На последующих конфигурациях сокращенно обозначена:
Ренуар-2.

¹⁷ Для уменьшения влияния порядка, в котором составлен список, он для каждого бланка составлялся отдельно, с использованием таблицы случайных чисел.

Чем объясняется такой состав отобранных для эксперимента картин? С одной стороны, надо было исключить ряд факторов, посторонних по отношению к цели данного эксперимента (например, было желательно устранить влияние принадлежности картин к разным национальным школам живописи). Поэтому набор картин должен был обладать достаточной однородностью, и для эксперимента была оставлена только французская жи-

Т а б л и ц а 8

П а р а м е т р	Порядок картин по данному параметру
а Степень популярности картины или ее автора	(1,11,2) — (12,8,4) — (3,6,7,5,9,10)
б Роль человека в изображении (относительная важность человека или окружающей среды)	7 — (4,11) — (8,6) — (1,2,12,5) — (3,10,9)
в Сюжетно-фабульная острота ситуации, изображенной на картине	(7,4,10) — (8,9,11,6,5) — (12,3,1,2)
г Необходимость предварительных знаний для понимания сюжетно-фабульной ситуации, изображенной на картине	(12,11,8,9,7,6,5) — (10,4) — (3,1,2)
д Степень иллюзионистской «разборчивости» изображения	(4,8) — (5,7,10,6,1,3,9) — (11,12,2)
е Формат картины (отношение высоты к ширине)	11 — 6 — 1 — 7 — 5 — 12 — 4 — 10 — 9 — 3 — 2 — 8
ж Площадь картины	10 — 4 — 5 — 1 — 9 — 7 — 3 — 8 — 6 — 12 — 2 — 11
з Степень пластической сложности изображения	(4,7) — (8,11,10) — (9,5,12,6,2) — (1,3)
и Степень яркости использованных цветов	4 — (12,3,1) — (11,6,9,8) — (10,5,2) — 7
к Степень спектральной чистоты использованных цветов	(11,4,2,12) — (1,9,6,8) — (3,7,10,5)
л «Температура» цветовой гаммы (смещение цветов в «теплую» или «холодную» область спектра)	(12,2,9,5,6) — (11,10,7,8) — (4,3,1)
м Степень четкости линий форм	(4,7,11) — (10,9) — (6,5,12) — (2,8,1,3)
н Степень рельефности фактуры	(1,2,3) — (12,8,6) — (11,5,9,10) — (7,4)
о Принадлежность картины к определенной художественной школе	(10,5,9,6,7) — (3,1,8,2) — (4,12,11)

вопись XIX в. С другой же стороны, надо было обеспечить значительное разнообразие по всем признакам, которые для зрителя могут оказаться воспринимаемыми параметрами, влияющими на оценку картин. На последнем моменте следует остановиться несколько подробнее.

В табл. 8 приводится список некоторых (всего — 14) из таких гипотетических параметров, предложенных художниками и искусствоведами. Нетрудно видеть, что среди этих параметров имеются как совершенно объективно измеряемые количественные характеристики (например, формат картины), так и классификационные (принадлежность картины к определенной художественной школе¹⁸). Подавляющее же большинство характеристик может быть измерено в принципе лишь в порядковой шкале (т. е. можно только оценить экспертным способом относительное расположение этих объектов — порядок размещения картин на такой шкале). Примерный порядок расположения наших картин на гипотетических шкалах также указан в табл. 8¹⁹. Конечно, установить строгий порядок, т. е. выстроить наши картины в строго определенной последовательности, по каждой порядковой шкале — задача довольно трудная, но для целей данного эксперимента вполне достаточно приблизительного порядка — разбиения на группы, внутри которых порядок не может быть точно установлен (хотя по возможности это старались делать), но между которыми относительное положение объектов на шкале достаточно очевидно (на уровне здравого смысла, непосредственных ощущений или интуиции). Такие группы (в которых объекты обладают «связанными рангами») в правом столбце этой таблицы заключены в скобки. В качестве примера рассмотрим такой параметр, как (г) необходимость предварительных знаний для понимания сюжетно-фабульной ситуации, изображенной на картине. Первую группу здесь составляют картины, для понимания сюжетно-фабульной ситуации которых совсем не нужны какие-либо предварительные знания (картины № 12, 11, 8, 9, 7, 6, 5); во вторую группу (картины № 10, 4) входят изображения, для понимания которых желательно иметь какие-то предварительные

¹⁸ Эта шкала имела три градации, отвечающие импрессионизму, классической ориентации и тенденции к иллюзионизму.

¹⁹ Упорядочения (в случаях порядковых или количественных параметров) даны по степени нарастания качества, определяющего природу каждого параметра.

знания (например, желательно знать, кто такая госпожа Самари); в третьей же группе находятся картины (№ 3, 1, 2), содержание которых вообще останется непонятным без предварительного знакомства с соответствующим историческим материалом (например, без знания того, кто такой Сократ, кто такая Аспазия и т. п.). Внутри же каждой из этих групп установить подобные отношения порядка между картинами не удастся ²⁰.

Однако вернемся к ходу эксперимента. После получения от посетителей заполненных ими бланков была выполнена отбраковка тех из них, которые оказались малоинформативными. К числу таковых относились бланки, на которых была проставлена оценка очень немногих картин или, наоборот, почти все картины получили одинаковую оценку. Всего для дальнейшей обработки было оставлено 99 бланков. Содержавшиеся в них оценки картин в баллах были переведены в ранги. Для этого картина, получившая у данного зрителя наибольшее число баллов, ставилась на первое место, на второе место ставилась картина, получившая несколько меньшее число баллов, и т. д. Эта порядковая информация была закодирована и перенесена на перфокарты, которые поступили на ЭВМ для обработки по программе, составленной в соответствии со специальными алгоритмами [9] решения задач неметрического многомерного шкалирования.

Результаты эксперимента: гипотезы подтвердившиеся и отвергнутые

Сначала был выполнен простейший социально-демографический анализ контингента опрошенных (см. табл. 9).

Здесь к москвичам условно относились также жители г. Ленинграда, обладающего не меньшими, чем Москва, условиями доступа к художественным ценностям. Шкала «образование» в данном случае была «синтетической»,

²⁰ Заметим, кстати, что в зависимости от теоретических позиций исследователя можно брать за основу тот или иной список гипотетических параметров и затем производить проверку их реальной значимости для воспринимающих индивидов. Единственное, что необходимо для такой проверки,— это наличие в наборе картин с различными значениями по проверяемым параметрам. Поэтому данный набор, возможно, пригоден и для проверки иных гипотез.

г. е. при отнесении зрителя к той или иной градации (без гуманитарного образования, с гуманитарным образованием) учитывалась также и профессия зрителя в настоящее время: к числу лиц «с гуманитарным образованием» условно относились не только те, кто его формально получил или получает, но и те, чья профессиональная деятельность требует гуманитарных знаний, например, руководители кружков художественной самодеятельности.

Теперь можно перейти к анализу результатов опроса этих людей об их предпочтениях. На рис. 17 показана двухмерная конфигурация картин нашего списка — объектов эксперимента, полученная посредством обработки на ЭВМ соответствующей порядковой информации. Повидимому, эта конфигурация достаточно хорошо аппроксимирует эмпирическую информацию: коэффициент соответствия для этой конфигурации $\theta = 0,275$; такое значение считается вполне удовлетворительным в подобных исследованиях. Содержательный анализ конфигурации имеет смысл провести поэтапно.

1. Общий характер конфигурации свидетельствует о том, что все наши объекты-картины достаточно «чисто» разбились на три группировки. Имеется также далеко отстоящая от них всех картина Т. Руссо. Картины самой

Таблица 9

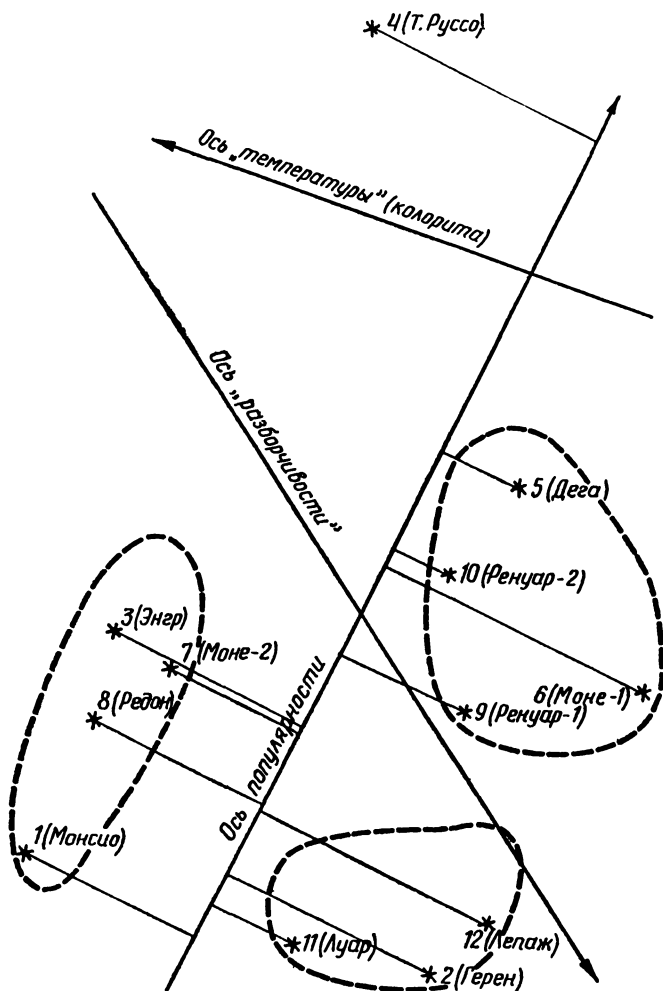
Возраст, образование	Мужчины			Женщины		
	Моск-вичи	Жители Моск. обл.	Проч.	Моск-вичи	Жители Моск. обл.	Проч.
18—25 лет, без гуманитарного образования	5	5	—	13	3	1
18—25 лет, с гуманитарным образованием	1	—	—	2	1	1
26—35 лет, без гуманитар. образов.	3	2	7	6	3	5
26—35 лет, с гуманитар. образов.	4	—	1	6	—	—
36—45 лет, без гуманитар. образов.	3	—	2	11	1	1
36—45 лет, с гуманитар. образов.	—	—	1	2	—	1
46 лет и более, без гуманитар. образов.	3	1	1	—	2	—
46 лет и более, с гуманитар. образов.	—	—	—	—	—	—

правой (из расположенных на рисунке) группировки — Ренуар-1, Ренуар-2, Моне-1, Дега — по всем живописно-изобразительным средствам четко принадлежат к импрессионизму. Картины расположенной внизу группировки — Луар, Герен, Лепаж — имеют тенденцию к иллюзионистскому методу изображения реальности. Третью, левую группировку — Монсио, Редон, Энгр, Моне-2 — можно условно отнести к классической ориентации, с характерным для нее рационально-интеллектуальным подходом к пространству и формам предметов²¹. Наконец, картина Т. Руссо расположена в стороне от всех упомянутых группировок, по-видимому, ввиду несопоставимости ее «этюдного» характера с выраженным стилевым характером всех остальных картин. К этому следует добавить, что сам характер темы — ночного леса — снижает «разборчивость» изображения. То, что картины так хорошо разбились на группировки, соответствующие разным художественным школам (стилевым направлениям), говорит о следующем: **стилевая направленность живописи отчетливо воспринимается опрошенными посетителями музея и вследствие этого влияет на их оценки картин.**

II. Взаимное расположение объектов-картин на конфигурации позволяет попытаться провести на этой конфигурации всевозможные оси с целью проверки того, не дадут ли проекции точек-объектов на эти оси хорошего согласия с исходными гипотетическими упорядочениями. Такая проверка показывает, что для значительной части принятых нами количественных и порядковых гипотетических параметров соответствующие оси провести не удастся. Рассмотрим в качестве примера такой количественный параметр, как формат картины (отношение высоты к ширине). Этот параметр иногда сильно влияет на восприятие формы [10]. По этому параметру все картины можно выстроить в последовательность от самой вытянутой горизонтальной (№ 11 — Луар, Дым окружной железной дороги) до самой вытянутой вертикальной (№ 8 — Редон, Весна); эта последовательность имеет вид: 11—6—1—7—5—12—4—10—9—3—2—8. Од-

²¹ Последняя картина (Моне-2) хотя и принадлежит кисти импрессиониста, но по своим цветовым и композиционным свойствам тяготеет к классике. Характерное для импрессионизма «расщепление» цветов в ней заменено на преимущественное использование одного цвета (зеленого). Композиция же картины строится на использовании геометрических форм: масс деревьев и конструкции моста.

нако провести на конфигурации соответствующую ось (проекции точек-объектов на которую ложились бы в таком порядке или по крайней мере в близком к этому порядке) невозможно. То же можно сказать и о боль-



Р и с. 17. Двухмерная конфигурация объектов (картин), воспринятых испытуемыми

шинстве других гипотетических параметров. Это значит, что гипотезы о существенной роли восприятия этих параметров и влияния их на зрительские оценки не оправдались, и эти гипотезы следует отвергнуть.

Тем не менее для некоторых параметров такие оси провести удалось. Рассмотрим в качестве примера такой параметр, как «температура» цветовой гаммы (смещение цветов картины в «теплую» или «холодную» область спектра по сравнению с их обычными, чаще всего встречающимися в живописи, цветами; см. подробнее в [11]). По этому параметру все наши картины должны выстроиться в последовательность: (12, 2, 9, 5, 6) — (11, 10, 7, 8) — (4, 3, 1), т. е. образовать три группы: от самых «холодных» картин — через «промежуточные по температуре» картины — до самых «теплых»²². Самую «подходящую» для такой последовательности ось (т. е. такую, чтобы проекции точек-картин на эту ось ложились в таком порядке или хотя бы в порядке, близком к такому) мы провели на рис. 17. Опустив на нее перпендикуляры из всех точек-картин, получаем последовательность проекций: 6—12—2—9—5—10—11—7—4—8—3—1. Нетрудно видеть, что эта последовательность довольно близка к той последовательности, которая должна получиться, если считать колорит существенным воспринимаемым параметром живописи (т. е. к гипотетической последовательности для данного параметра). Степень близости между этими двумя упорядочениями (гипотетической и реальной) можно оценить с помощью, например, такого показателя, как коэффициент ранговой корреляции Спирмена [12]. В данном случае он равен 0,91. Аналогичные расчеты для оси популярности картины или ее автора²³ дают (см. рис. 17) коэффициент Спирмена

²² Именно этот порядковый параметр имеет смысл называть колоритом картины [11] (хотя имеются и другие определения колорита).

²³ Интересно, что априорное гипотетическое упорядочение картин по популярности оказалось близким к так называемому «групповому предпочтению», рассчитанному по эмпирическим данным; последнее измерялось как упорядочение по расстояниям от центра тяжести конфигурации всех испытуемых (см. ниже) и имело вид: 4—1—2—11—12—8—6—3—7—5—9—10. Коэффициент Спирмена для этих двух последовательностей равен 0,85. Коэффициент корреляции «группового предпочтения» с порядком проекций точек-объектов на ось популярности (рис. 17) низок ($\rho=0,44$), однако при исключении из рассмотрения объекта № 4 (картины Т. Руссо, имеющей «этнодный» характер) этот коэффициент резко возрастает и доходит до $\rho=0,92$.

$\rho=0,63$, а для оси иллюзионистской «разборчивости» изображения $\rho=0,82$. Все три коэффициента очень высоки: первое и последнее значения существенны на уровне значимости лучше 1%, второе значение — на уровне значимости лучше 5% ²⁴. Для лучшего понимания использованных нами построений на рис. 17 показаны проекции точек-объектов на одну из осей — на ось популярности.

Таким образом, удалось получить три оси (*а*, *д* и *л*), которые могут нести ответственность за полученные упорядочения, т. е. могут считаться отвечающими таким параметрам живописи, которые воспринимаются зрителями и влияют на их оценки картин ²⁵. Получение именно этих трех, а не каких-либо других параметров в качестве воспринимаемых говорит о любопытном феномене «поляризации» воспринимаемых характеристик: воспринимаются как самые «внешние» (по отношению к структуре картины) характеристики живописного произведения, так и его самые «внутренние», глубинные параметры. К числу первых, несомненно, относится популярность картины и «разборчивость» изображения, к числу вторых — колорит картины. «Середина» же у этого ряда переходов от «внешнего» к «внутреннему» отсутствует.

III. Наконец, надо посмотреть, как размещены на конфигурации идеальные точки испытуемых. Для этого приводится рис. 18, на котором эти идеальные точки нанесены в добавление к уже построенным ранее точкам-картинам. Легко видеть, что идеальные точки «размазаны» по всей конфигурации, в поле между всеми точками-объектами. Это свидетельствует об отсутствии единого, более или менее общего для всех испытуемых художественного вкуса по отношению к картинам рассмат-

Эти данные говорят не только о достоверности априорного гипотетического упорядочения (т. е. достаточно хорошего предсказания исследователями степени популярности отдельных картин среди опрошенных), но и о высокой степени надежности полученной шкалы популярности.

²⁴ Уровень значимости — статистический критерий, отвечающий вероятности того, что проверяемая неверная гипотеза признана верной.

²⁵ Для выяснения того, какие именно из этих трех параметров (а особенно из двух: *а* и *д*, угол между осями которых мал) ответственны за конфигурацию, нужно было бы поставить специальный эксперимент с «разделением» этих параметров, в котором не было бы сильной корреляции между упорядочениями по ним (как в данном, описываемом эксперименте). Пока же следует считать, что все три параметра существенны, а если отдавать предпочтение каким-то из них, то *д* и *л*, как имеющим большие значения ρ .

риваемого типа. Основные «сгустки» идеальных точек тяготеют к нижней («иллюзионистской») и правой (импрессионистской) группировкам картин; идеальных точек практически нет вблизи картины Т. Руссо, а также вблизи

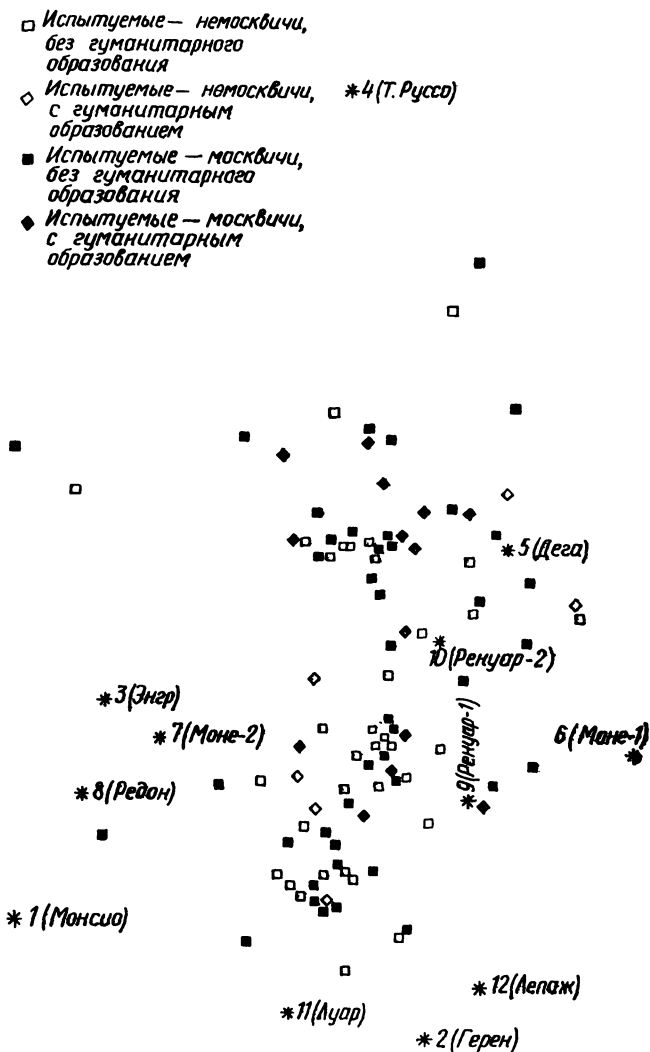


Рис. 18. Двухмерная совместная конфигурация испытуемых и воспринятых ими картин

картин левой («классической») группировки. Последнее свидетельствует, видимо, о недостаточной приобщенности большинства опрошенных зрителей к классической живописи.

Связаны ли положения идеальных точек зрителей с какими-либо социальными или демографическими характеристиками? Попытки проследить такую связь были предприняты, но оказались в основном безуспешными; удалось выявить только две тенденции, о которых можно судить по конфигурации на рис. 18:

а) испытуемые немосквичи (в том числе жители Московской области) статистически более тяготеют к картинам «иллюзионистской» группировки, чем к импрессионистам;

б) испытуемые с гуманитарным образованием более тяготеют к картинам импрессионистов.

Эти тенденции легко прослеживаются за счет того, что на рис. 18 использованы разные обозначения для представления зрителей, отличающихся по этим двум признакам. Оба эти признака (место жительства и образование), естественно, имеют отношение к доступности художественных благ; поэтому можно высказать предположение о сравнительной легкости изменения художественного вкуса зрителей под влиянием пропаганды художественных знаний. Об этом же свидетельствует независимость вкуса от пола и возраста испытуемых, а также наличие выявленной оси популярности, отражающей влияние фактора престижности (т. е. функционирующих в обществе оценочных критериев). Тем не менее к одному лишь фактору престижности свести восприятие и оценку невозможно, поскольку имеются иные оси — факторы (например, ось колорита), говорящие о воздействии на зрителей именно художественных свойств картины ²⁶.

²⁶ Отдельно был выполнен анализ, относящийся к тем из посетителей, чьи вкусы плохо описываются построенной конфигурацией. С этой целью для каждого из 99 испытуемых рассчитывался так называемый индивидуальный коэффициент соответствия, показывающий, насколько различаются упорядочение картин, которое данный испытуемый должен был бы дать в соответствии с конфигурацией, и истинное упорядочение, выставленное им в бланке. На базе этих расчетов была отобрана группа из 14 индивидов с высоким (выше 0,4) индивидуальным коэффициентом соответствия; затем проверили, не отличаются ли их вкусы (т. е. координаты идеальных точек) от вкусов остальных испытуемых, однако сколь-либо заметного отличия обнаружить не удалось. Не удалось объяснить «невписываемость» этих 14

Проведенный эксперимент показывает возможность и перспективность использования метода неметрического многомерного шкалирования как для выявления воспринимаемых параметров произведений искусства, так и для изучения художественных вкусов людей, воспринимающих эти произведения.

В последние годы эта область научного знания, связанная с исследованием взаимодействия человека с искусством на экспериментальном уровне, быстро развивается. Достаточно сказать, что только с применением метода неметрического многомерного шкалирования, рассмотренного нами в этой статье, уже было выполнено изучение восприятия живописи на материале женского портрета разных эпох [13], музыкальных произведений [14], а также стиля прозы [15]. Можно надеяться, что в ближайшие годы возрастет разнообразие и экспериментальных методик, и того эмпирического материала искусства, к изучению гармонизирующего воздействия которого эти методики будут применяться.

Литература

1. Пэнто Р., Гравитц М. Методы социальных наук. М., «Прогресс», 1972, с. 326—353.
2. Осгуд Ч., Суси Дж., Танненбаум П. Приложение методики семантического дифференциала к исследованиям по эстетике и смежным проблемам.— В сб.: «Семиотика и искусствометрия», под ред. Ю. М. Лотмана и В. М. Петрова. М., «Мир», 1972, с. 278—297.
3. Симмат В. Е. Семантический дифференциал как инструмент искусствоведческого анализа.— В сб.: «Семиотика и искусствометрия». М., «Мир», 1972, с. 298—325.
4. Батов В. И. Формула эффективности плаката.— В сб.: «Число и мысль», вып. 3. М., «Знание», 1980, с. 128—144.
5. Ярбус А. Л. Роль движений глаз в процессе зрения. М., «Наука», 1965.
6. Налимов В. В. Вероятностная модель языка. М., «Наука», 1979, с. 178—191.
7. Психологические измерения. М., «Мир», 1967.
8. Каменский В. С. Методы и модели неметрического многомерного шкалирования.— «Автоматика и телемеханика», 1977, № 8, с. 118—156.

индивидов в общую картину и какими-либо их социально-демографическими характеристиками, что лишний раз свидетельствует о большой роли глубинных, внутренних личностных характеристик в формировании поведения индивида в сфере искусства.

9. Каменский В. С. Некоторые проблемы обработки экспертных оценок.— В сб.: «Системный анализ в ОАСУ». М., ЦЭМИ АН СССР, 1975, с. 134—147.

10. Петров В. М., Прянишников Н. Е. Формулы прекрасных пропорций.— В сб.: «Число и мысль». Вып. 2. М., «Знание», 1978, с. 72—92.

11. Петров В. М., Грибков В. С. Семиотический анализ некоторых аспектов цветового языка. Научный совет по кибернетике.— Институт психологии АН СССР. М., 1976.

12. Юл Дж. Э., Кендэл М. Дж. Теория статистики. М., Госстатиздат, 1960.

13. Каменский В., Михеев А., Петров В. Психологи исследуют визуальное восприятие.— «Реклама», 1979, № 1, с. 18—23.

14. Михеев А. В., Каменский В. С., Петров В. М., Сатаров Г. А. Об использовании неметрического многомерного шкалирования при исследовании потребности в объектах культуры.— В сб.: «Модели и методы исследования социально-экономических процессов». М., ЦЭМИ АН СССР, 1975, с. 205—224.

15. Петров В. М., Каменский В. С., Шепелева С. Н. «Прозрачность» стиля прозы: опыт экспериментального исследования восприятия.— В сб.: «Проблемы структурной лингвистики — 1976». М., «Наука», 1978, с. 297—317.



Р. Х. Зарипов,
кандидат физико-математических наук

МУЗЫКА И ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ

Искусственный интеллект, его цели и методы

Искусственный интеллект — это система, использующая ЭВМ, способная получать такие результаты, которые традиционно порождаются в процессе творческой деятельности человека. При этом неважно, имитируется сам процесс (с его психологическими и другими особенностями) или нет. Многие системы искусственного интеллекта предназначены прежде всего для усиления мыслительных способностей человека и, подобно усилителям физических возможностей, их функционирование не сводится к копированию человеческих действий. В настоящее время важен прежде всего конечный результат, продукт творческого процесса. Такое широкое толкование

искусственного интеллекта более целесообразно при нынешнем состоянии развития вычислительной техники и степени изученности процессов умственной деятельности человека.

Известны многочисленные попытки дать конструктивное определение понятия «искусственный интеллект». Это оказалось нелегким делом. Не останавливаясь на этом вопросе, приведем лишь своеобразное определение, которое в 1969 г. предложил Международный комитет по искусственному интеллекту: «Искусственный интеллект — это область, покрываемая названиями секций Международного конгресса по искусственному интеллекту». Безусловно, интересен также краткий перечень конкретных задач, относимых к проблеме искусственного интеллекта, который был составлен в 1972 г. участниками международной Фирбушской группы (по названию места проведения международного семинара — Фирбуш-поинт (Великобритания). В этот перечень вошли следующие проблемы [1]:

1. Шахматные программы.
2. Машинное творчество в области музыки, поэзии, живописи.
3. Программы, выдерживающие тест Тьюринга.
4. Машинное доказательство теорем.
5. Программы индуктивного вывода.
6. Вопросно-ответные системы (в том числе системы автоматического реферирования).
7. Автоматический перевод.
8. Распознавание и синтез речи.
9. Автоматическая проверка правильности программ.
10. Автоматическое вождение автомобилей.
11. Роботы-сборщики, роботы-строители.
12. Робот-планетоход для автономной работы в новых условиях.

В рамках искусственного интеллекта изучаются, в частности, закономерности мышления и восприятия методами моделирования на ЭВМ. При этом многие стороны исследуемого объекта не поддаются непосредственному наблюдению, и исследователь, анализируя объект изучения, по существу, создает лишь гипотетическое представление о многих его сторонах и закономерностях. А задача исследования сводится к проверке этих гипотез.

Объективным (межличностным) методом проверки таких гипотез служит моделирование на ЭВМ. Модели-

рование — это искусственное воспроизведение, или имитация объекта исследования, точнее, тех его сторон, закономерности которых интересуют исследователя. Необходимость искусственного воспроизведения объекта при моделировании приводит к осознанию его существенных черт и способствует познанию этого объекта. При моделировании на ЭВМ машинная программа включает в себя закономерности, полученные при анализе объекта. Разумеется, ничего сверх того, то есть неосознанного, машина не использует.

Моделирование на ЭВМ состоит из трех этапов.

Первый этап — анализ объекта исследования. Здесь выявляются закономерности его структуры, его элементы и иерархия отношений между ними. Кроме того, закономерности и принципы строения объекта могут быть сформулированы на основе гипотетических представлений об объекте.

Второй этап — синтез модели объекта — воспроизведение объекта на ЭВМ с помощью программы, которая включает в себя закономерности, полученные на первом этапе.

Третий этап — оценка машинных результатов. Здесь устанавливается подобие модели и объекта исследования, определяется степень сходства машинных и человеческих действий или результатов. Это единственный критерий совершенства алгоритма, правильности принятых принципов моделирования и степени изученности объекта исследования. На этом этапе проверяются предположения о закономерностях объекта, о том, достаточно ли тех сведений, которыми обладает программа, для воспроизведения изучаемого объекта.

Основные задачи моделирования творчества заключаются прежде всего в выявлении и формализации тех общих закономерностей творчества, которые человек использует неосознанно, интуитивно.

Моделирование на ЭВМ — одно из направлений искусственного интеллекта. Другое направление связано с созданием человеко-машинных, или диалоговых, систем. Если при работе моделирующей системы человек не вмешивается в процесс получения машинного результата, то при работе диалоговой системы человек по запросу машины направляет действия ЭВМ, выбирая (зачастую неосознанно) наиболее приемлемый вариант продолжения решения задачи. При этом сочетаются возможности

ЭВМ быстро и безошибочно производить необходимые вычисления по известным алгоритмам и способности человека принимать решения неформально. Диалоговые системы в интеллектуальной, творческой деятельности позволяют добиться больших успехов, чем человек или ЭВМ, действующие по отдельности. Являясь более эффективными в практической (производственной) деятельности, эти системы получают и большее распространение, чем моделирующие системы.

Перенос инвариантной структуры в музыке

Варьирование ситуаций — один из методов исследования закономерностей мышления и восприятия в психологии, заключающийся в том, что некоторые элементы первоначальной ситуации (темы) видоизменяются, а другие остаются неизменными. В результате такого преобразования темы получается варьированная ситуация, или вариация. При восприятии темы и вариации обнаруживается, что неизменные элементы (инварианты преобразования) способствуют впечатлению их общности, или сходства, а видоизмененные (трансформанты) — отдалению вариации от темы, как бы маскируя наличие в них инвариантов.

Определенная совокупность инвариантов образует инвариантную структуру, которая является носителем некоторого образа. Такая структура не раскладывается на составляющие ее части, ибо, будучи разложенной, она теряет свое свойство носителя образа. Несводимость структуры к элементам, или ее неразложимость на части, выражается в возможности транспонирования (переноса) одной и той же структуры на различное содержание. Транспонируемость, таким образом, является фундаментальным свойством структуры.

Перенос инвариантной структуры — это общее, одно из наиболее важных и основных свойств мышления и восприятия, проявляющееся в разных областях продуктивной (творческой) деятельности человека. Вследствие этого выявление закономерностей переноса инвариантных структур из одних условий в другие является и важной проблемой искусственного интеллекта. Создание ма-

шинной программы, выполняющей подобные преобразования, необходимо для осознания механизма переноса, проявляющегося в интеллектуальной деятельности человека неосознанно. Такая программа может служить конструктивным материалом для иллюстрации общих закономерностей творчества, проявляющихся в объектах разной природы.

Проблема выявления общих закономерностей творчества, мышления, в частности проблема переноса, может быть изучена на объектах разной природы. Благодатным, хотя и чрезвычайно сложным материалом для таких исследований служит музыка, точнее, сочинение мелодий. В музыке особенно ощутимо проявляется интуитивная деятельность как при сочинении (подражание, перенос музыкальных идей, структур или просто мелодий или их частей), так и при ее прослушивании (узнавание, распознавание музыкальных образов). Даже любители музыки часто сочиняют «правильные» мелодии, не зная ни музыкальной грамоты, ни правил построения музыкальных сочинений,— по интуиции, основанной на опыте, который также неосознанно приобретается при прослушивании музыки. Именно здесь и проявляется явление переноса инвариантных музыкальных структур.

Перенос инвариантных элементов проявляется в различных приемах вариационного развития исходной мелодии — темы и способствует тому, что при восприятии на слух в вариации сохраняется впечатление темы, ощущается постоянная связь с ней. Это происходит несмотря на изменение музыкального размера (метра), ритма, ладотональности и даже самой мелодии.

Простейшим примером варьирования мелодии является ее исполнение в другой тональности. Случается, что в каком-то регистре петь песню неудобно, например «высоко». Тогда ее поют «ниже». И хотя при этом получается совсем другая последовательность звуков, мы неизменно слышим ту же самую, первоначальную мелодию.

Секрет в том, что эти последовательности разных звуков объединяет их общее качество, важное для восприятия,— у них одна и та же последовательность звуковых сотных интервалов между соседними звуками. Она неизменна, или инвариантна, при исполнении мелодии на разных инструментах, в разных темпах, в разных регистрах.

Однако один лишь этот инвариант не обеспечивает сходства мелодий. Иногда достаточно изменить «всего

лишь» ритм — и мы услышим совсем другую мелодию, с другим музыкальным образом, хотя визуально — по нотной записи — будет видно их сходство.

Рассмотрим мелодии русской народной песни «По Дону гуляет казак молодой» и песни И. Дунаевского «Молодежная». Это совершенно разные по характеру мелодии, с разными звуковысотными линиями, метром, ритмом. Но совпадение определенных звуков способствует впечатлению их сходства. Удивительно, как некоторые слушатели в «Молодежной» сразу же узнают мелодию «По Дону». Здесь выясняется, что носителем образа мелодии служит не отдельный инвариант, а инвариантная структура, которая в этом примере состоит из двух инвариантов — последовательности интервалов и ритма. Более того, здесь важно, чтобы отдельные высоты или мелодические фигуры соответствовали длительностям ритма, расположенным на определенных долях такта — ритмическим, а еще лучше сказать, метрическим акцентам. Если же эту структуру разложить на составляющие ее части — ритм и последовательность интервалов, то взятая в отдельности каждая часть, являясь инвариантом, может и не быть носителем первоначального образа.

Однако несмотря на сохранение инвариантной структуры, бывает не так-то просто узнать в вариации тему. Этому мешают те новые элементы, которые вносятся при трансформации темы — новый ритм, дополнительные звуки, в результате чего получается новая мелодическая линия. Оказывая маскирующее действие, они меняют тему часто до неузнаваемости. Так, в одном эксперименте слушателям предлагалось узнать в машинной вариации исходную тему. Им сообщалось также, что эта тема всем им заведомо хорошо известна. Однако ни в одной из аудиторий, где этот эксперимент проводился, слушатели (даже музыканты-профессионалы) не узнали тему — мелодию популярнейшего «Чижика», хотя за несколько минут до эксперимента этот «Чижик» был специально (под благовидным предлогом) проигран перед слушателями.

Исследование формальной зависимости степени близости вариации и темы как от различных маскирующих элементов, так и от инвариантов представляет несомненный интерес. Далее будет рассмотрена машинная программа варьирования мелодий, иллюстрирующая общие принципы и закономерности варьирования ситуации.

Варьирование мелодий связано с музыковедческой проблемой заимствования музыкальных тем — известных ранее мелодий — в творчестве профессиональных композиторов. Заимствование и последующая творческая обработка музыкальных тем, отражающая стилевые черты композитора, не являются предосудительными. Многие композиторы сознательно использовали в своих сочинениях известные мелодии. Например, мотив «Чижики» в арии царя Додона из оперы Римского-Корсакова «Золотой петушок» или тема «Во поле береза стояла» в симфонии Чайковского. Однако такое заимствование может быть и неосознанным. Наиболее яркий пример такого рода — сочинение П. И. Чайковским темы «рококо» для своих гениальных виолончельных вариаций.

Показателен разговор между композитором и его другом виолончелистом Фитценгагеном, которому посвящены эти «Вариации на тему рококо»: «Знаешь ли ты, что такое рококо?» — спросил однажды Петр Ильич. Фитценгаген кивнул головой. Пауза. «Я думаю, — сказал Чайковский, — это легкая, безмятежная радостность», и он напел про себя небольшую мелодию вроде гавота». (Цитируется по книге [2]). Поразительные ассоциации — «легкая, безмятежная радостность»: ведь в сознании композитора в это время перевоплощалась в стиле рококо мелодия легкой, безмятежно-раздольной русской народной песни «Вдоль по Питерской», о чем композитор, по-видимому, не подозревал. Это подтверждается тем, что ни исследователи творчества П. И. Чайковского, ни сам композитор нигде не сообщают, что тема «рококо» имеет прототип — мелодию «Вдоль по Питерской», хотя любой известный случай подобного заимствования многократно описывается в музыковедческой литературе. В том, что тема «рококо» возникла из мелодии этой песни, можно убедиться при визуальном сравнении их нотной записи. На рис. 19 видно совпадение высот нот, отме-



Рис. 19

ченных волнистой линией, и метрических акцентов, расположенных последовательно на всем протяжении мелодий. Но то, что видит глаз, не всегда слышит ухо — и при прослушивании не легко уловить сходство этих мелодий.

Подобное заимствование исходных тем с последующей творческой обработкой — варьированием темы (т. е. перенос инвариантных элементов в новые условия) наблюдается не только в музыке, но и в других видах художественного творчества — в поэзии, живописи, литературе, кино и т. п. Оно встречается как в виде наиболее легко опознающегося прямого использования «цитат», так и в более или менее замаскированном, «творчески обработанном» виде. Такое заимствование настолько широко распространено во всех видах художественного творчества (и, по-видимому, не только художественного), что варьирование заимствованных элементов можно считать одним из общих принципов художественного творчества, не всегда осознаваемым в процессе творчества.

ЭВМ и сочинение музыки

С появлением электронной вычислительной техники музыка, как и другие виды художественного творчества, стала объектом исследования с помощью ЭВМ. Машина с ее быстродействием и возможностью производить логические операции, лежащие в основе мыслительной деятельности, дала толчок развитию таких работ в разных областях музыки. В области машинного сочинения музыки исследования ведутся, подобно другим работам, связанным с искусственным интеллектом, по двум направлениям. Заметим, что музыку, при сочинении которой была использована ЭВМ (неважно, в какой мере), принято называть машинной музыкой.

Первые опыты сочинения машинной музыки появились в конце 50-х годов и были посвящены моделированию музыки (в основном — мелодий) традиционной структуры. Обзор этих работ можно найти в книге [3]. Позднее к машине обратились композиторы нетрадиционного направления в музыке. Моделирование музыки, более пригодное для исследовательских работ, оказалось малоэффективным для получения практических результатов при сочинении профессиональной музыки. Поэтому

композиторы стали использовать машину лишь в качестве помощника для выполнения рутинной части творческого процесса. Рассмотрим эти два направления работ.

«Заготовки» в машинной музыке

При сочинении музыки нетрадиционной структуры ЭВМ оказалась весьма удобным помощником композиторов для производства заготовок — всевозможных вариантов отдельных фрагментов музыкальных сочинений (звуковысотных сочетаний, аккордов, последовательностей длительностей и т. п.). Из множества полученных заготовок композитор выбирает подходящие и включает их в свое сочинение уже без помощи машины по своему усмотрению. Для каждого фрагмента заготовки должны удовлетворять определенным условиям, предусмотренным в программе. Машина, таким образом, используется для разработки идеи композитора.

Сочинение таких заготовок вручную, по мнению композиторов, использующих этот метод, требует много времени и кропотливого, отнюдь не творческого труда. Ереванский композитор Л. Аствацатрян так оценивает роль ЭВМ в создании заготовок серий — особо организованных звуковых сочетаний, которые он использовал при сочинении симфоний [4]: «...задуманные серийные разработки очень сложны и трудоемки. Они требуют большой затраты времени. В этом аспекте компьютер — идеальный помощник, не сковывающий наше музыкальное вдохновение. Более того, компьютер дает возможность композитору приблизиться к тайне воссоздания того, что содержится в единстве интервала, ритма и мысли».

Перебор возможных вариантов (и, следовательно, их сочинение) занимает большое место в различных видах творчества. И мысль о применении ЭВМ для создания заготовок в творчестве (например, в поэтическом творчестве для составления заготовок рифм) не раз высказывалась в нашей печати. По-видимому, в стихотворном творчестве ЭВМ не была использована для производства заготовок поэтических элементов. В музыке же нетрадиционного направления эта идея оказалась плодотворной — в творчестве таких, например, композиторов, как

Я. Ксенакис, П. Барбо [5], Р. Ружичка, Л. Аствацатрян [4] и другие.

Использование машинных заготовок пригодно и для получения сочинений традиционной музыкальной системы. Например, музыкальная пьеса, сочиненная итальянским математиком Э. Гальярдо. Мелодия целиком составлена из заготовок, в качестве которых были использованы отрывки (в основном однотоковые) мелодий, сочиненных ЭВМ «Урал-2» по программе автора [3]. Аккомпанемент был составлен формальным способом в соответствии с музыкальной теорией, разработанной Э. Гальярдо.

Моделирование музыкальных сочинений на ЭВМ

Известны два способа моделирования музыкальных сочинений на ЭВМ — метод марковских цепей и структурный (или процедурный) метод.

Метод марковских цепей. Клодом Шенноном была предложена простая модель для нотного текста, отражающая его статистическую структуру. Он предложил моделировать нотный текст в виде стационарной цепи Маркова. (Это понятие рассмотрено в статье [6] на примерах русского письма.) Однако любая модель какого-либо явления характерна тем, что она не отражает в равной мере всех его свойств. Так и модель нотного текста, пригодная для исследования его статистических свойств, может быть неудовлетворительна для представления ее, например, в качестве музыкального сочинения, которое должно, кроме статистических, обладать и другими характеристиками, свойственными первоначальному нотному тексту. Именно так и случилось с машинными моделями нотного текста, полученными методом марковских цепей [3].

Авторы экспериментов, а также некоторые кибернетики, которых привлекает простота и кажущаяся универсальность этого метода, заявляют, что такой способ пригоден для успешного моделирования стиля любого композитора [3]. Однако эти заявления необоснованны, ибо этот способ сочинения музыки не дает, да и не может

дать хороших результатов²⁷. Причины этого заключаются в следующем.

Прежде всего, мелодии традиционного, классического типа не являются цепью Маркова. В мелодии практически взаимосвязаны все ноты — они подчинены определенной логике развития. Этот же метод предполагает лишь локальную взаимосвязь нескольких (в большинстве экспериментов — трех-четырёх соседних нот).

Кроме того, процесс сочинения мелодии этим способом сводится к получению последовательности высот, совершенно не зависящей от ритма. И несмотря на то что при этом довольно длинные последовательности высот нот (до 15 и больше нот подряд в некоторых экспериментах) переносятся без изменения из мелодий-оригиналов в мелодии-модели, при прослушивании этих мелодий особенно заметно отсутствие их сходства. Причина этого уже была выяснена ранее при рассмотрении явления переноса. Там было показано, что один инвариант (такой, как последовательность высот) не образует инвариантной структуры. Это означает, что он не является носителем образа мелодий-оригиналов и не обеспечивает сходства этих мелодий с синтезированными мелодиями при их слуховом восприятии. Это относится не только к целой мелодии, но и ее фрагментам, поскольку последовательность высот в нотных комбинациях, которая образуется при синтезировании мелодии, не связана с ритмом.

Заметим еще, что здесь не учитываются различные специфические стороны музыки и связь между ними, не выявляются принципы и закономерности строения композиций. А это обстоятельство является наиболее важным как для теоретического музыковедения, так и для осознания «скрытых» закономерностей интуитивной деятельности.

Структурный метод. Более перспективным представляется другой метод моделирования музыки, который назовем структурным (или процедурным). В отличие от метода марковских цепей он основан на программировании правил и закономерностей композиции, которые удалось выявить при изучении человеческого творчества и сформулировать в виде процедур. В опытах разных ав-

²⁷ Именно об этом методе писал А. Н. Колмогоров [7], приводя «пример упрощенного подхода к проблемам кибернетики» в области «машинного сочинения музыки».

торов этим методом синтезируется одноголосная и многоголосная, тональная и атональная музыка.

Выбор текущей ноты мелодии при этом зависит от многих параметров — от мелодической или ритмической фигуры, которая образуется несколькими предыдущими нотами, от расположения текущей ноты в такте (на сильной или слабой доле), от гармонической функции текущего такта, от положения ноты в мелодической фразе (в начале, середине или конце фразы). Практически получается так, что все ноты мелодии взаимосвязаны между собой некоторой корреляционной зависимостью. Это обеспечивается, в частности, структурой, организующей в мелодии повторение ритмических и мелодических фигур.

Рассмотрим способ организации машинной программы [3]. Музыкальная композиция характеризуется некоторым набором параметров, отражающих правила, закономерности и элементы строения музыкального сочинения. Примеры параметров: диапазон мелодии, тип масштабно-тематической структуры, тактовый размер, количество нот затакта, лад, распределение частот интервалов между соседними высотами и др.

Под значением параметра понимается конкретное значение числового кода или числовой структуры, конкретный закон распределения частот интервалов и т. д. Приведем примеры значений параметров, перечисленных выше. Звуковысотный диапазон, выраженный системой неравенств $15 \leq \omega \leq 26$, т. е. диапазон от ноты соль первой октавы до ноты ля второй октавы (здесь 5 — код ноты соль, а 6 — код ноты ля). Вариант масштабной структуры $2+2+1+1+2$, где числа показывают разбиение восьмитактового периода, в форме которого сочиняется мелодия, на отдельные построения — четырехтактные предложения, двухтактные фразы и однотоковые мотивы. Тактовый размер $\frac{4}{4}$. Количество нот в затакте, равное двум. Лад — мажор. Приведенные здесь значения параметров характерны, например, для мелодии «Молодежная». Однако эти же значения параметров могут быть свойственны и другим мелодиям, ибо значения параметров, как будет ясно из дальнейшего изложения, определяют не конкретную мелодию, а тип мелодии.

Под типом композиции будем понимать определенный признак, особенность или некоторое качество музыки, присущие некоторой совокупности композиций; напри-

мер, «танцевальная музыка», «вальс», «вальс Штрауса», «напевность» и т. п. Не все параметры одинаково характеризуют композиции какого-нибудь типа. Так, один параметр во всех композициях этого типа принимает лишь одно определенное — «существенное» значение. Такие параметры будем называть существенными. Если же параметр в разных композициях этого типа принимает разные значения, то его будем называть несущественным. Примером существенного параметра в танцевальной музыке служит «тактовый размер», который для вальса имеет значение $\frac{3}{4}$, а для чарльстона — $\frac{4}{4}$. «Количество нот затакта» — пример несущественного параметра для вальса.

Рассмотрим упорядоченный набор всевозможных параметров. Для каждого параметра задано определенное множество его значений.

Моделирование типа композиций основано на предположении, что любой тип композиций характеризуется определенным набором значений параметров M .

Причем если параметр несущественный для данного типа T композиций, то на месте параметра в наборе значений стоит специальный символ — признак несущественного параметра.

Это означает, что для всех композиций одного и того же типа T существенный параметр фиксирован — он принимает только одно значение, указанное в наборе M . Параметр же несущественный для данного типа T может принимать для разных композиций этого типа различные значения. При таком способе соответствия каждому типу композиций отвечает некоторая типовая структура, определенная набором M существенных значений параметров.

Таким образом, качественной, или субъективной, характеристике композиций (тип T) ставится в соответствие формально-количественная, или объективная, характеристика (набор значений параметров M).

Покажем теперь, как набор M связан с программой, моделирующей определенный тип композиций. Программа включает в себя определенное множество значений параметров — формализованных закономерностей и средств композиций. Набор же M указывает (перечисляет) лишь некоторое подмножество этого множества, так как для каждого параметра указано лишь одно его значение. Составленный до начала работы программы

набор М (в виде последовательности чисел — кодов значений параметров) автоматически засылается во время ее работы в определенные ячейки машинной памяти. Этим машине указывается перечень тех закономерностей, которым и формируется программа. Для несущественных параметров значения выбираются случайным образом из предусмотренных в программе.

Таким образом, в процессе синтезирования композиций каждый раз участвуют не все запрограммированные закономерности, а лишь их некоторая часть, указанная в наборе М. Эти наборы можно составлять по-разному, и каждому набору М соответствует определенный тип композиций. Отсюда следует, что по одной и той же программе можно синтезировать композиции разных типов.

Композиции разных типов вызывают, вообще говоря, у слушателей разное эмоциональное состояние. Описанный метод моделирования, ставящий в соответствие каждому определенному типу композиций отвечающий ему набор закономерностей, т. е. структуру этого типа композиций, позволяет принципиально решить важную проблему искусствоведения и психологии восприятия — найти зависимость между структурой музыки и ее воздействием на эмоциональное состояние слушателя.

Моделирование на ЭВМ мелодических вариаций

Изложенные выше принципы алгоритмизации были использованы, в частности, при моделировании мелодических вариаций. (Краткое описание алгоритмов дается в [8].) Для этого в машину вводится мелодия — тема, предназначенная для варьирования, и (по желанию) указываются признаки искомой вариации, которые включаются в набор значений параметров. Машинное варьирование позволяет восстановить процесс порождения данной композиции — шаг за шагом проследить весь путь преобразования темы в искомую вариацию, показать, как деформируется ритм, как одна нота переходит в другую, т. е. показать промежуточные результаты преобразования. Это показано [11] на примере преобразования машиной БЭСМ-6 темы (мелодии песни «По Дону гуляет казак молодой») в искомую вариацию (мелодию «Моло-

дежной» Дунаевского). Было получено несколько вариантов искомой вариации, один из которых в точности (за исключением первой ноты последнего такта) совпал с мелодией Дунаевского.

Синтезирование на машине мелодии Дунаевского подтвердило наши предположения о характере ее связей с темой, о способе преобразования темы в мелодию «Молодежной», а также о механизме порождения мелодий такой синтаксической структуры, как мелодии массовых песен. Ведь только благодаря этому и могла получиться машинная мелодия, совпадающая с заранее известной мелодией.

В качестве примера можно привести и другие вариации, сочиненные машиной БЭСМ-6 Вычислительного центра АН СССР [9], [11].

Машинное варьирование мелодий связано с решением проблемы идентификации мелодий — практически важной проблемы в фольклористике для построения каталога музыкальных тем и их разновидностей, для составления словаря музыкальных тем и разрешения других вопросов. Аналогичная проблема, связанная с выборкой из памяти сходных между собой объектов, возникает и при построении искусственного интеллекта.

Оценка машинных результатов

К настоящему времени известны многочисленные попытки использовать ЭВМ в самых разных областях творчества — как художественного, так и научного [9]. Однако принципиальные, да и технические трудности (неизученность объекта исследования на формальном уровне, большая сложность исследований «на стыке» разных направлений человеческой деятельности и др.) сильно тормозят проведение таких исследований, безусловно имеющих не только познавательное, но и практическое значение.

Так, подобно моделированию музыкальных сочинений, чрезвычайно привлекательной областью исследования является моделирование музыкального исполнительства (в частности, исполнения одноголосных пьес). Оно необходимо для выявления и объективного исследования как общих закономерностей исполнения, которые музыкант, играя выразительно, «с душой», применяет неосознанно,

так и закономерностей, специфических для того или другого музыканта. Отражая манеру исполнения музыканта, эти закономерности существуют объективно. Трудно, например, спутать исключительно своеобразную манеру исполнения Даниила Шафрана с манерой игры другого виолончелиста.

К сожалению, до сих пор в многочисленных экспериментах «исполнение» музыкальных сочинений на ЭВМ с звуковым выходом сводится лишь к механическому воспроизведению — даже не нотной записи, а только указаний о высоте и длительности (в некоторых экспериментах — о силе) звуков.

Вероятно, существуют какие-то объективные причины этого странного обстоятельства, если еще учесть и то, что изучение закономерностей музыкального исполнительства бесспорно может быть полезным (если не необходимым) для успешного решения практически важной проблемы автоматического синтеза речи — такой ее стороны, которая связана с выразительностью речи.

Дело в том, что современные «говорящие» машины (синтезаторы речи) удивительно напоминают монотонное и механическое бормотанье пономаря. Человеческая же речь — живая, выразительная, особенно речь дикторов и актеров, обладает признаками мелодичности. Она разнообразна ритмически, звуки ее различны по высоте, продолжительности и по силе. Фрагменты речи отделены паузами, заметно замедление и убыстрение произношения различных последовательностей звуков. Мелодичность придает речи особую выразительность, внося в нее разнообразие, и облегчает ее восприятие. Однако «мелодия» речи (последовательность звуков, отнесенная к отдельным слогам) не укладывается в рамки какого-то общепринятого дискретного музыкального строя (например, двенадцатитонового, как на фортепиано), так как высоты звуков речи не совпадают с его фиксированными высотами. Для выражения «мелодии» речи нужен непрерывный звуковысотный спектр.

По-видимому, моделирование музыкального исполнения и необходимость исследования при этом исполнительских средств выразительности позволили бы преодолеть монотонность и механичность синтезаторов речи.

В рассмотренных выше и подобных им исследованиях по моделированию художественного творчества на ЭВМ большую роль играет корректно поставленный экспери-

мент по оценке машинных результатов. Это — необходимый этап моделирования, значение которого недооценивают авторы многих программ.

Дело в том, что мы живем в мире привычных мнений и представлений. И не всегда ясно, как они складываются и входят в наше сознание — это одна из социальных загадок формирования сознания. Так, многие ни разу не слышали стихов или музыки, сочиненных машиной, однако «представление» о них имеют. И не всегда, как показывает практика, такое представление безошибочно.

В связи с этим вспомним блестящий эксперимент В. Пекелиса с «машинным» стихотворением «Ночь кажется чернее кошки этой». В течение многих лет профессиональные поэты и литературоведы, участвовавшие в этом «эксперименте», на основе одного лишь этого стихотворения устно и печатно судили о недостатках и достоинствах машинной поэзии, о принципиальной невозможности машин сочинять «настоящие» стихи. Но, как известно [3], [10], критики были посрамлены — стихи оказались не машинными, и их представление о машинных стихах оказалось ошибочным.

Нечто подобное наблюдалось и во время экспериментов автора по сравнительной оценке мелодий, сочиненных машиной и профессиональными композиторами [3], [9]. Во всех аудиториях, где проводился этот эксперимент (всего в нем участвовало более 600 человек, и среди них — профессиональные музыканты), машинные мелодии были оценены выше, чем мелодии композиторов. Эксперты не знали, что они оценивают — сочиненную машиной или человеком музыку (это было сделано намеренно, чтобы разрушить психологическую установку — предвзятость экспертов в отношении машинного творчества), однако некоторые из них высказывались довольно категорично: «Вся машинная музыка — не музыка, нет чувства», «Да чтобы я не отличил машинную музыку от человеческой?!», «Много чрезмерно периодичных, туповато-машинных тем». Но — ирония судьбы — именно эти эксперты, не осознавая и не желая того, оценили выше машинную музыку. Их «очевидное» представление о машинной музыке также оказалось ошибочным.

Весьма показателен в этом смысле и «плебисцит», проведенный на основе передачи по первой программе Всесоюзного радио 29 июня 1976 г. Цель его — выяснить, как радиослушатели оценивают творческие возмож-

ности машин и какой они представляют себе машинную музыку. Для этого им предложили прослушать три мелодии и определить, кто является их автором — человек или машина. Результат опроса в отношении одной из мелодий был неожиданным. В своих письмах радиослушатели отмечали, что в этой мелодии «чувствуется душа», она «отличается мелодичностью, пленяет слух, проникает в сердце», что «конечно же, такую музыку мог написать только человек», что «никакая машина не сможет заменить человека в этом тонком творческом процессе, и не надо пытаться это делать».

Авторы 125 писем (из 130, поступивших в редакцию) были твердо убеждены, что эта мелодия написана композитором. И 125 человек из 130, хотели они этого или нет, дали тем самым весьма высокую оценку творческим возможностям машины, показав ошибочность своего представления о машинной музыке. А мелодию эту сочинила машина по программе автора.

Часто оказывается, что если слушатели не знают о «нечеловеческом» происхождении музыки, то и воспринимают ее, как вполне «нормальную», не отличающуюся от обычной [12].

Так, на Международном совещании по искусственному интеллекту, проходившем в городе Репино (под Ленинградом) в 1977 г., на русском и английском языках прозвучала «ИИ-кантата» — своего рода гимн искусственному интеллекту, сочиненный по предложению Оргкомитета совещания. Слова написал А. Аверкин, а музыку сочинила машина «Урал-2» по программе, описанной в [3]. Исполненная в непринужденной обстановке оркестром и певцами, эта песня была воспринята как обычное музыкальное произведение, и не все участники Совещания сразу поверили, что музыку этого «Гимна» сочинила машина.

Приведенные примеры показывают, что при моделировании на ЭВМ таких форм музыкального творчества, как мелодии массовых песен, получены машинные результаты, соизмеримые с человеческими. Кроме того, они подтверждают и необходимость объективной — в социологическом смысле — оценки машинных результатов, проводимой в специальном эксперименте, в ходе которого должна быть преодолена психологическая установка (предвзятость) экспертов по отношению к машинному творчеству. Только в таком эксперименте устанавливает-

ся степень адекватности машинных результатов и моделируемого объекта и выявляется ошибочность предвзятых мнений о «творческих» возможностях машины.

Описанный выше эксперимент представляет собой развитие и реализацию идеи А. Тьюринга об испытании на интеллектуальность («игре в имитацию») применительно к музыке. Как известно, А. Тьюринг в своей книге «Может ли машина мыслить?» (М., Физматгиз, 1960) предложил судить о наличии «интеллекта» по результатам игры в имитацию, которая сводится к следующему. В игре участвуют некое лицо (эксперт) и две системы А и В, одна из которых — человек, а другая — машина. Эксперт, не видя этих систем, задает им любые вопросы и, анализируя их ответы, должен определить, какая из них является машиной. Если он не сможет определить этого в течение заданного времени, то такая машина считается «интеллектуальной».

Из результата нашего эксперимента следует, что программа-композитор, синтезирующая мелодии, выдерживает этот «тест Тьюринга». Напомним, что программы, выдерживающие тест Тьюринга, входят в перечень конкретных задач, относимых к проблеме искусственного интеллекта.

Укажем еще на одно обстоятельство, связанное с этим экспериментом. Чтобы оценить машинные мелодии, естественно и вполне закономерно сравнивать их с музыкой профессиональных композиторов, поскольку программа, по которой они были получены, построена на основе анализа творчества композиторов-песенников. При этом у многих возникает стремление сравнивать машинные мелодии не просто с результатами музыкального творчества, а с лучшими образцами песенных мелодий, с наиболее яркими, запоминающимися интонациями. В связи с этим отметим некоторые особенности и различия в способах сочинения музыки человеком и машиной.

Человек при сочинении мелодии не задумывается о том, как образуется тот или иной музыкальный оборот, интонация, напев: они появляются в его сознании сразу, как бы одномоментно, не разделяясь на отдельные составляющие — ритмические, звуковысотные или ладогармонические стороны. Если при этом сочиняется песенная мелодия, то обычно стараются учитывать и характер содержания стихотворения, и его стихотворную ритмику. Анализ музыкальных сочинений показывает, что в про-

цессе творчества происходит, кроме того, заимствование разного рода музыкальных фрагментов из ранее слышанных произведений — происходит своеобразная выборка из памяти, чаще всего неосознаваемая творцом, различных интонаций, ритмических фигур, ладогармонической основы мелодии. Это — существенный этап творчества. Иногда наблюдается «цитирование» интонаций довольно большой протяженности, но чаще используются сочетания из нескольких нот, своего рода музыкальные «штампы». Напрашивается мысль, что новая мелодия — это во многом комбинация некоторого числа коротких фрагментов, взятых без изменения или несколько трансформированных, из ранее слышанных мелодий. Это и не удивительно — мы живем в мире звуков и легче воспринимаем и запоминаем то, что уже слышали раньше. Композиторы вольно или невольно учитывают это в процессе творчества, особенно при сочинении мелодий массовых песен, рассчитанных на исполнение или восприятие массовой аудиторией. Таким образом, в основе музыкального сочинения лежит принцип заимствования музыкальных оборотов, интонаций, музыкальных тем из ранее слышанных произведений.

Машинные же мелодии, включенные в эксперимент, получены по программе [3], в которой не был использован описанный выше принцип переноса. Они получались не в результате преобразования заданной мелодии, а несколько иным способом. Эта программа включает в себя закономерности строения мелодий, которые обнаруживаются в процессе анализа музыки — чаще всего мелодий песен или танцев. Программа имеет сведения о некоторой «абстрактной», или обобщенной мелодии, о ее структуре, интонационном строе и т. д. Но поскольку память машины не содержит конкретных мелодий, машинная мелодия получается не в результате какой-то «компиляции» или заимствования, а посредством соединения звуков только по тем правилам и закономерностям, которые содержатся в программе. И чем точнее изучены закономерности композиции, тем более похожими должны быть машинные мелодии на проанализированные — по характеру звучания, по интонационному настрою, но не схожестью интонаций: это не было запрограммировано и может получиться лишь случайным образом.

Несмотря на это, часто можно слышать мнение о том, что машинная музыка похожа на известные песенные

мелодии. Вот что, например, пишет Я. И. Хургин в книге «Ну и что?» (М., «Молодая гвардия», 1967): «Я слышал эту музыку — несколько вполне грамотных пьес для виолончели, и некоторые из них доставили мне удовольствие. Правда, когда слушаешь эти пьесы, то кажется, что слушаешь уже знакомую музыку известных композиторов. Но такое иногда случается, даже когда присутствуешь на концерте живого композитора...»

Подобные мнения подтверждают достаточную степень изученности такой формы музыкального творчества, как песенные мелодии, поскольку появление машинных мелодий, напоминающих знакомые интонации, лишь подтверждает правильность используемых принципов моделирования и существенность введенных в машину закономерностей композиции, которые верно отражают структуру взаимосвязей различных элементов мелодии.

В отличие от композиторов-песенников машина в этом смысле работает «самостоятельно» — без использования готовых интонаций, напевов или фрагментов известных мелодий, потому что они в нее не вводятся. В этом композитор-человек находится в более выгодном положении по сравнению с машиной-композитором. Программа не производит и ассоциативного выбора из своей «памяти» подходящего фрагмента мелодии, соответствующего содержанию стихотворения, его эмоциональной направленности и т. п. Композитор же подобную выборку из памяти осуществляет также неосознанно, и до сих пор неясен механизм такой выборки — это одна из сложнейших проблем моделирования эвристической деятельности.

В отличие от этой программы в описанной выше программе, порождающей вариации, производится заимствование и обработка заданной мелодии. Это делается подобно тому, как композиторы «творчески обрабатывают» заимствованные мелодии, что и было показано на примере преобразования мелодии песни «По Дону гуляет казак молодой» в мелодию «Молодежной» Дунаевского. И поскольку при сочинении вариаций осуществляется подражание, этот способ сочинения машинной музыки, использующий человеческие принципы творчества, в большей мере отражает человеческий процесс сочинения музыки, чем все другие способы, не использующие принцип переноса инвариантных элементов.

В связи с этим отметим существенное различие меж-

ду способами получения конечного результата в разных экспериментах по моделированию творчества, преследующих и разные цели.

Существует мнение, которое можно услышать даже от некоторых специалистов по моделированию на ЭВМ, что если заставить долго работать машину по довольно простой программе, сочиняющей мелодии, то можно получить и превосходные мелодии как результат случайного сочетания звуков. Подобная гипотетическая ситуация была рассмотрена еще французским математиком Э. Борелем (1871—1956) в его книге «Случай» (русский перевод, М., ГИЗ, 1923). Речь идет о миллионе обезьян, печатающих на пишущих машинках тексты наугад, и о вероятности того, что таким путем могут быть получены всевозможные книги, хранящиеся в крупнейших библиотеках мира.

Такой способ может быть полезен для получения практических результатов при сочинении профессиональной музыки, и он используется, как об этом уже было сказано выше, некоторыми композиторами — это метод заготовок, или вариантов различных фрагментов музыки. Полученные машиной варианты требуют отбора, который производится композитором — наиболее удачные сочетания он включает в свое произведение. Как и всякая человеко-машинная система, этот метод годится для повышения эффективности при получении практических результатов, но как метод познания он непригоден. Для осознания исследуемого процесса, осознания каждого его этапа более пригоден такой метод моделирования, при котором конечный результат получается машиной без вмешательства человека и где контролируется каждый шаг работы машины.

Цель таких экспериментов по моделированию музыкальных композиций на машине — не замена композитора машиной и не создание музыкальных шедевров, и даже не сочинение музыкальных произведений, претендующих на «художественную» значимость. Моделирование — это один из перспективных методов объективного (межличностного) исследования творчества, метод подтверждения гипотез о «скрытых» закономерностях интуиции, «секретах» мелодичности и «доходчивости» музыкальных сочинений.

Литература

1. Загоруйко Н. Г. Искусственный интеллект и эмпирическое предсказание. Новосибирск, 1975.
2. Будяковский А. Симфоническая музыка П. И. Чайковского. Л., 1935.
3. Зарипов Р. Х. Кибернетика и музыка. М., «Наука», 1971.
4. Аствацатрян Л. Роль ЭВМ в создании серийного материала симфонии. Материалы Первого всесоюзного семинара по машинным аспектам алгоритмического формализованного анализа музыкальных текстов. Ереван, 1977.
5. Моль А., Фукс В., Касслер М., Искусство и ЭВМ. М., «Мир», 1975.
6. Добрушин Р. Л. Математические методы в лингвистике.— «Математическое просвещение». Вып. 6. М., Физматгиз, 1961.
7. Колмогоров А. Автоматы и жизнь.— В сб.: «Возможное и невозможное в кибернетике». М., «Наука», 1963.
8. Зарипов Р. Х. Об алгоритмизации музыкальных вариаций.— Доклады Академии наук СССР. 1973, т. 211, № 3.
9. Управление, информация, интеллект. Под ред. А. И. Берга и др. М., «Мысль», 1976.
10. Пекелис В. Д. Кибернетическая смесь. Изд. 2-е. М., «Знание», 1973.
11. Зарипов Р. Х. Моделирование на ЭВМ элементов творчества (на материале музыки). М., 1977.
12. Грекова И. Полемика и ее издержки (по поводу спора «Машина и творчество»).— В сб.: «Кибернетика. Современное состояние». М., «Наука», 1980.

СОДЕРЖАНИЕ

Б. В. Бирюков, доктор философских наук, С. Н. Плотников, доктор философских наук. Художественная культура и точное знание	3
Г. Г. Азгальдов, кандидат технических наук. Поверить алгеброй гармонию... Можно ли? Нужно ли?	29
Г. А. Голицын, кандидат биологических наук. Информация и законы эстетического восприятия	44
Ю. К. Орлов, кандидат физико-математических наук. Невидимая гармония	70
В. Н. Дмитриевский, кандидат искусствоведения, Б. З. Докторов, кандидат психологических наук. Как измерить театральный репертуар?	107
В. И. Батов, кандидат психологических наук. Формула эффективности плаката	128
В. М. Петров, кандидат физико-математических наук, В. С. Грибков, художник, В. С. Каменский, инженер-математик. Поверить гармонию... экспериментом	145
Р. Х. Зарипов, кандидат физико-математических наук. Музыка и искусственный интеллект	169

ЧИСЛО И МЫСЛЬ

Сборник. Выпуск 3

Составитель кандидат физико-математических наук
Владимир Михайлович Петров

Редактор Н. Феоктистова

Заведующий редакцией естественнонаучной
литературы А. Нелюбов

Младший редактор Н. Карячкина

Художник И. Огурцов

Художественный редактор М. Бабичева

Технический редактор Т. Луговская

Корректор Р. Колодкичкова

ИБ № 2525

Сдано в набор 23.07.79. Подписано к печати 02.07.80. А 11678.
Формат бумаги 84×108/32. Бумага тип. № 3. Гарнитура лите-
ратурная. Печать высокая. Усл. печ. л. 10,08. Уч.-изд. л. 10,62.
Тираж 100 000 экз. Заказ № 875. Цена 155 коп. Издательство
«Знание». 101835, ГСП, Москва, Центр, проезд Серова, д. 4.
Индекс заказа 806708.
Типография № 2 издательства «Радянська Україна».
252006, Киев-6, Анри Барбюса, 51/2.