

- [217] Мукаидоно М. Нечеткий вывод резолюционного типа // Нечеткие множества и теория возможностей. Последние достижения / Под ред. Р. Ягера. М.: Радио и связь, 1986.
- [218] White D.A., Sofge D.A. Editors' Preface // Handbook of Intelligent Control. Neural, Fuzzy, and Adaptive Approaches / D.A. White D.A. Sofge (eds.). New York: Van Nostrand Reinhold, 1992.
- [219] Åström K.J., McAvoy T.J. Intelligent Control: An Overview and Evaluation // Handbook of Intelligent Control. Neural, Fuzzy, and Adaptive Approaches / D.A. White, D.A. Sofge (eds.). New York: Van Nostrand Reinhold, 1992.
- [220] Werbos P., Marsh E., Baheti K., Burka M., Moraff H. Foreword // Handbook of Intelligent Control. Neural, Fuzzy, and Adaptive Approaches / D.A. White, D.A. Sofge (eds.). New York: Van Nostrand Reinhold, 1992.
- [221] White D., Bowers A., Iliff K., Noffz G., Gonda M., Menousek J. Flight, Propulsion and Thermal Control of Advanced Aircraft and Hypersonic Vehicles // Handbook of Intelligent Control. Neural, Fuzzy, and Adaptive Approaches / D.A. White, D.A. Sofge (eds.). New York: Van Nostrand Reinhold, 1992.
- [222] Saridis G.N. Intelligent Robotic Control // IEEE Transactions on Automatic Control. 1983. V. AC-28. №5.
- [223] Saridis G.N. Architectures for Intelligent Control // Intelligent Control Systems: Theory and Applications / M.M. Gupta, N.K. Sinha (eds.). The IEEE, Inc. New York. 1996.
- [224] Прикладные нечеткие системы / Под ред. Т. Тэрано, К. Асану. М. Сугено. М.: Мир, 1993.
- [225] Driankov D., Hellendoorn H., Reifrank M. An Introduction to Fuzzy Control. Berlin; Heidelberg: Springer-Verlag, 1993.

Как измерить мысль?

В.В. Смолянинов, Т.А. Ракчеева

Телеологическая разработка концепции активности интеллектуальной деятельности человека была предпринята Аристотелем в противовес теологической концепции фатальности Платона. Современная разработка физиологического принципа активности предпринималась Н.А. Бернштейном в противовес рефлекторной теории И.П. Павлова. Только в контексте активной мыследеятельности возможна постановка вопроса об изменении мысли. Современные компьютерные средства позволяют поставить человека-испытуемого в условия последовательного решения какой-то целевой задачи и протоколировать пошаговый процесс принятия решения и тем самым проследить «траектории» движения его мысли. Если при этом известна эталонная траектория в пространстве решений, например, оптимальная по какому-то критерию «простоты», то в этом случае имеется возможность проводить сравнение реального хода решения с эталоном и тем самым говорить об измерении мыследеятельности в процессе решения задачи. В работе обсуждаются проблемы измерения мыслительной деятельности на основе компьютеризированных психофизиологических тестов.

Ум в действии есть то, что он мыслит.
Аристотель

Введение

История развития любой науки показывает, что успехи ее непосредственно связаны с развитием инструментальных средств измерения. Такую же зависимость от измерительных возможностей ис-

ельных возможностей сформировало свои традиции. Классикой были эксперименты Фехнера, Вебера и других по определению порогов чувствительности при исследовании ощущений, которые при разном времени постановок, являются субъективными, но в то же время выявляют универсальные отношения, иначе закон Вебера Фехнера не был бы сформулирован.

Эти исследования относятся как раз к тем, где есть физические факторы, поэтому не случайно в последнее время их стали называть психофизическими в силу их объективности и воспроизводимости. Конечно, что такого типа «психологические» оценки представляют собой самый первичный уровень интеллектуальной деятельности, связанный с принятием решений. Такой вид оценочной деятельности необходим всем живым организмам от простейших до высших, так как на их основе строится вся адаптивная биоэволюция.

Применяемые методы можно условно разделить на субъективные и объективные, точнее сказать, практически в каждом методе присутствуют как объективная, так и субъективная компоненты. Субъективная компонента вносится всегда, когда результат эксперимента содержит самооценку испытуемого в виде высказываний о субъективных ощущениях или представлениях; даже если он просто сообщает «вижу — не вижу», например, на вопрос о различии в демонстрируемых ему близких стимулах. Субъективным методом становится тогда, когда эта самооценка испытуемого в виде высказываний о субъективных ощущениях или представлениях принимается в качестве непосредственного отражения свойств объективной реальности тех же ощущений или представлений. К объективным методам относятся, соответственно, те, которые основываются на объективных данных: это могут быть либо независимые от испытуемого измерения, либо объективизированные результаты субъективных оценок. Основной недостаток субъективных методов очевиден и состоит в возможности экспериментатором проверить показания испытуемого. Основная трудность, с которой сталкивается экспериментатор при использовании объективных методов, состоит в обосновании связи между свойствами объектов психологических исследова-

пытывает и психология. На примере исследований зрительного восприятия можно проследить переходы на более высокие уровни, связанные с появлением качественно новых измерительных технологий. Так, например, после экспериментов с предъявлением зрительных стимулов и откликом на высоком вербальном уровне, когда можно было понять, что испытуемый видит, но нельзя было еще узнать, как он это делает, появление малогабаритных датчиков, способных крепиться на присосках к главному яблоку и регистрировать его движения, позволило уже, прослеживая траекторию дрейфа, приоткрыть завесу тайны, а появление микрорегистраторов, способных регистрировать прохождение нервных импульсов, сразу раздвинуло горизонты в познании процессов зрительного восприятия, дав возможность анализировать механизмы формирования зрительной информации коре мозга. Подобно этому, при исследовании любых естественных функций, сформированных природой у живых существ, сначала убеждаемся в том, что оно решает те или иные задачи, но только потом, в результате анализа промежуточных этапов решения задачи, происходящих, как правило, на разных биологических уровнях, удается продвигаться в направлении понимания того, как оно это делает, и успехи и прорывы в этом продвижении напрямую зависят от развития измерительных технологий.

Психофизические задачи

К таким задачам относят обычно тесты, включающие оценки физических величин, данных нам в ощущениях:

- длин одного или нескольких разноориентированных отрезков;
- веса, осязаемого руками при поднятии тел разных размеров;
- объема при зрительном или тактильном предъявлении;
- температуры осязаемых предметов при разных вариантах температурной преадаптации;
- громкости звука на разных частотах и др.

Экспериментальные исследования в психологии за длительный период своего существования в соответствии с развитием измер-

ний и выбранными в качестве их отражений показателями.

Понятно, что можно сформулировать задачу объективизации методов психологических исследований, и субъективных, и объективных, как одну из основных задач экспериментальной психологии прошлого, настоящим и будущем. Решение этой задачи также неразрывно связано с развитием измерительных технологий.

Сложность объективизации растет с ростом сложности исследуемого психологического процесса или явления. Так, экспериментально изучению ощущений (самого низкого по уровню сложности и всех изучаемых психологических явлений) смогли достичь высокого уровня объективности и тем самым добиться достаточной объективности с появлением возможности регистрировать непосредственно сам нервный импульс. На этом основаны, например, успешные решения таких задач как детектирование симуляции или лжи. Задачи по изучению восприятия, представления и воображения, памяти или мышления значительно сложнее в этом плане, так как они помимо уровня ощущений содержат еще много других уровней, связанных с абстрагированием, с необратимыми преобразованиями информации, формируемых другими более высокими мыслительными процессами. Поэтому регистрация объективных показателей усложняется и повышаются требования к измерительному инструментарию, как в качественном, так и в принципиально новом отношении. Верно и обратное: создание принципиально новых технологий дает новые возможности старым задачам и позволяет поставить новые задачи.

Каждый мог убедиться, что появление компьютера и компьютерных технологий перевернуло нашу жизнь и на работе, где бы мы ни работали, и дома. Развитие компьютерных средств представляется революционным и в экспериментальной психологии. Имеется в виду не только и не столько возможность разнообразной количественной обработки результатов экспериментов, хотя этот вклад компьютеров трудно переоценить. Речь идет о принципиально новом подходе к постановке задач, связанных с исследованием процессов мышления.

Сенсомоторный интеллект

Отнесение двигательных задач к интеллектуальным целесообразно не только потому, что моторные компоненты являются составной частью решения семантических проблем — посредством рисования и др., а расстройств в двигательных навыках служат диагностическими критериями психического состояния. Более глубокие параллели существуют в принципах организации, с одной стороны абстрактного мышления, а с другой — конкретного движения, поскольку задача построения движения представляет собой не существо математическую задачу построения целевой траектории, которая решается мозгом, исходя из избыточных степеней свободы двигательных органов. Такие задачи решаются посредством формирования двигательных синергий (двигательных навыков), которые представляют собой особый тип управления, когда редукции избыточности ограничивается посредством программных связей, тогда разнообразие двигательного репертуара формируется на более высоком уровне синтеза разнообразных стереотипов или синергий.

Частным и хорошо известным случаем двигательных синергий являются речевые синергии, репертуар которых складывается из фонем (низший уровень) и слов (промежуточный уровень). Следующий, более высокий уровень представляют собой синергии фраз, многие из которых действительно являются стандартными (пословицы, поговорки, крылатые фразы). Вместе с тем уровень фраз является наиболее свободным для выражения произвольных мыслей. Хотя предшествующие уровни (фонем и слов) являются более консервативными, устойчивыми, тем не менее они имеют свои, обычно не используемые степени свободы, которые проявляются при необходимости переучивания или освоения нового языка.

Технология синергий присуща не только задачам построения движений, но и задачам построения образов пространственно-временных объектов.

Подтверждением этого тезиса служат тесты, ориентированные

на выявление гештальтов и иллюзий, которые естественно трактовать как формирующиеся в онтогенезе психологические синергии.

Моноцелевые многомерные задачи

Не все оценочно-сравнительные задачи являются простыми и сводятся к одношаговому решению. Часто многообразия вариантов достижения одной и той же цели представляют самостоятельный и порой интригующий интерес. На этом «принципе интриги» строятся в частности, детские и взрослые игры — шашки, шахматы, карты и др., включая современные компьютерные варианты разнообразных игр. Уже на примере таких игр видно, что компьютер позволяет воспроизвести все известные игры и реализовать много принциповально новых игр, прежде всего интеллектуальных, которые раньше не могли быть даже придуманы. В компьютерной реализации все эти игры есть многошаговый интеллектуальный процесс достижения одной цели (выигрыша), но пути достижения цели существенно разнообразны, то есть пространство решений существенно многомерно. По существу в силу такой специфики всякая компьютерная игра может быть использована, при соответствующей организации протокола пошаговых принятий решений, в качестве теста интеллектуальных способностей игроков. Однако, авторы компьютерных игр не ставят таких исследовательских целей, поэтому использование игр в качестве измерителя мысли затруднительно. Для того, чтобы создавать такие инструменты, необходимо под разные варианты мыслительной деятельности создавать свои, иглоподобные тесты. Экспериментальные исследования в психологии за длительное время своего существования сформировало целый спектр традиционных задач для всех уровней отражения объективной действительности, большинство из которых включает мыслительные процессы либо как средство для решения этих исследовательских задач, либо как и средство, и цель. Из известных, наиболее простым тестом такого типа является классический тест Шепарда.

Трехмерные вращения

Методика Шепарда, как известно, состоит в определении тождества или различия по форме двух трехмерных объектов, похожих по структуре и конфигурации, но по-разному ориентированных в пространстве, для нескольких пар таких объектов. Форма объектов представляет собой многогранную цепь из нескольких (десяти) параллелепипедов, соединенных своими гранями вдоль прямой, и имеющую в ряде (в четырех) соединениях направление за счет присоединения очередного параллелепипеда к одной из четырех боковых граней. Таким образом форма одного объекта представляет собой ломаный трехмерный многогранник. Ориентация его в пространстве определяется двумя сферическими углами (в данном случае либо в плоскости рисунка, либо в плоскости третьего измерения).

Два объекта в одной паре могут различаться как по форме, так и по ориентации в пространстве. Схожесть неодинаковых по конфигурации объектов, разная ориентация, а также представление их своими плоскими проекциями затрудняют задачу идентификации для испытуемого.

Эту методику традиционно связывают с задачей внутреннего представления информации о пространственных свойствах объектов, точнее с помощью этой методики пытались и пытаются ответить на вопрос, каким образом формируются это представление. При этом результаты экспериментов должны были подтвердить одну из двух противоположных гипотез, одна из которых предполагает аналогичную природу формирования внутреннего представления, то есть через движение и поэлементный перенос информации с объекта во внутренний патерн по принципу совмещения, а другая — дискретную, через формирование дискретно-символьного кода объекта.

Для решения этой проблемы предполагалось измерять время, потраченное на решение этой задачи. Полученную автором методики значимую зависимость времени решения задачи от величины угла между фигурами, трактовали как доказательство в пользу аналогичной гипотезы, гипотезы поэлементного совмещения. Метод этот от-

носится к группе объективных методов, и, как и для всех объективных методов, встает главный вопрос: какое выбранное показателем в данном случае время, имеет отношение к ответу на вопрос о природе формирования пространственных представлений. Обоснование авторов состоит в том, что поскольку наблюдается такая сильная корреляция между расхождением ориентаций и временем решения задачи идентификации, то значит и человек внутренне при формировании представлений проходит те же стадии, что и при вращении с целью совмещения объектов. Но поскольку в данной задаче имеются три фактора отличия: форма, ориентация и проекционность проявления, обоснование результатов эксперимента по методике Шепарда представляются недостаточно убедительными. Действительно, чем больше относительный угол, тем может быть сложнее и дискретно-символьная идентификация, так как испытуемый богат с плоскими проекциями. Можно считать доказанным, что у разных людей разный способ мышления: у одних более образное интуитивный, у других — более формально логический, и, возможно, целая гамма промежуточных форм мышления. В связи с этим одну из задач, которую каждый испытуемый может решать по-своему. В такой классической постановке с двумя контрольными точками начала и конца решения задачи идентификации невозможно получить достоверный ответ на поставленный вопрос. Если мы изучаем процесс, то контроль должен быть процессуальный.

Методика Шепарда действительно может дать содержательные результаты и не только для понимания процессов формирования представлений, но и для понимания процессов мышления вообще, так как по сути своей эта методика мануально-ментальная, в ней органично слиты психомоторика и мышление: мышление сопровождается психомоторикой, а психомоторика — мышлением. Такое взаимодействие двух психических процессов, один из которых внешний, потому более доступный для синхронной регистрации, позволяет взаимодействовать на успех в задаче понимания процессов мышления. Для этого нужна новая технология проведения этого эксперимента.

Перевод методики Шепарда на компьютер открывает новые во-

зможности в получении более достоверно интерпретируемых результатов и, кроме того, позволяет поставить целый спектр новых экспериментальных задач в рамках этой методики. Компьютер позволяет приблизить условия эксперимента Шепарда к реальным. Трехмерные объекты легко представляются в памяти машины: на экран выводятся либо плоские проекции, либо стереоизображения. Испытуемому предоставляются средства для вращения в трехмерном пространстве, которые могут быть как в сферических углах, так и в навигационных углах.

В реализациях конкретных тестов нужно разделять факторы, составляющие сложность данной задачи идентификации. Как указывалось выше, эти факторы: разность конфигураций, разность ориентаций и представление пространственных объектов плоскими проекциями. Поскольку с вращением связана ориентация, то был сформулирован и реализован на компьютере отдельный тест на идентификацию пространственных объектов разной ориентации. Он состоит в следующем. Объект представляет собой трехмерный репер: три единичных вектора, задающие направление и метрику координатных осей. Для различения направлений векторы-стрелки имеют на экране цветного монитора разный цвет. С помощью клавиш цветной репер можно вращать в пространстве, контролируя свои действия по проекциям на экране. В память машины записывается при этом вся последовательность действий оператора.

Такая компьютерная постановка имеет два принципиальных отличия от классического теста Шепарда. Во-первых, испытуемый может и должен вращать трехмерный объект не мысленно, как он только и может, если нужно, в исходной постановке, а, так сказать, виртуально, совершая конкретные манипуляционные действия, в которых реально участвует психомоторика. Во-вторых, эти вполне осознанные действия руками, сопровождающие мыслительный процесс, допускают синхронную регистрацию в памяти компьютера, фиксируя для каждого испытуемого его индивидуальную последовательность действий.

Запись его манипуляций представлялась затем в виде тракто-

рии, описываемой каким-либо концом репера. Сравнивая траектории разных испытываемых для одной и той же задачи, можно видеть, как сильно они различаются: некоторые из них близки к оптимальным, в то время как другие свидетельствуют о длительном поиске решения. Аналогичный эксперимент был проведен также в другой постановке. В качестве контроля за своими действиями испытываемому было предложено ориентироваться не на совмещение самих трехмерных объектов по их проекциям в плоскости экрана, а на совмещение двух наложенных друг на друга диаграмм из трех столбиков, каждый столбик которых соответствует по величине проекциям векторов репера. Сравнивая траектории, полученные в этом эксперименте, с траекториями, полученными в предыдущем, можно видеть, что вторая постановка эксперимента оказалась для всех испытываемых значительно легче, чем первая. И это несмотря на то, что в первом эксперименте совмещаемые объекты наблюдались испытываемым в явном виде, а во втором — в опосредованном, хотя это «преобразование» выполняется без потери информации, и по данным второго эксперимента так же можно построить пространственные траектории. Все это свидетельствует о том, насколько труднее работать человеку с трехмерным объектом, чем с тремя параллельными отрезками (для сравнения трех отрезков они должны быть рядом и ориентированы одинаково).

Задачи типа «открытый закон»

Наиболее трудной для мыслительной деятельности является научно-исследовательская ситуация: цель явно не обозначена, средства, путь и время неизвестны, а задача все же есть, знакомая еще с детства: «Пойди туда, не знаю куда, принеси то, не знаю что». На современном научном языке это звучит как задача «открытый закон». И лет этой задаче столько, сколько науке вообще. Подходов к решению такой задачи много: от простого созерцания и пассивного ожидания до той или иной системы стратегий активного поиска, направляемого промежуточными гипотезами. И если в пассивном варианте из-

мерение мыслительной деятельности не представляется возможным, то в активном случае это в принципе возможно, так как есть процесс поиска. Это, конечно, обнаддеживает, однако, как же все-таки искать то, непонятно что?

Упрощенным вариантом бесцельной исследовательской задачи может служить задача распознавания образов в тех случаях, когда критерии и отличительные свойства заранее неизвестны. Такие задачи типа «открытый закон», которые впервые исследовал М.М. Бонгард, несомненно являются интеллектуальными. В чем же здесь проявляется интеллект и можно ли его оценивать? Направление поиска критериев и свойств в таких случаях организуется выдвижением гипотез и без их измышления никак не познавательное движение невозможно. Следовательно, в этих задачах измерение эффективности познавательной мыслительности сводится к оценкам истинности гипотез, то, насколько они позволяют теоретически описать разнообразие экспериментальных фактов. Как же оценивать эффективность тех или иных гипотез? Универсальная методология здесь — это построение моделей исследуемого явления, ориентированных на прояснение природы устойчивых причинно-следственных связей.

Такая методология естественна для нашего модельного способа восприятия мира. Характерная черта такого восприятия удачно сформулирована Дж. Вейнбергом следующим образом:

«Мы осознаем изменение, только когда обнаруживаем нечто инвариантно, а неизменное — только когда имеем дело с чем-то преобразующимся».

Обычно инвариантные свойства изменчивых явлений принято называть законами, и такая традиция, по-видимому, идет от известных законов Кеплера. При современном системном подходе всегда может быть поставлен вопрос и степенях свободы системной организации, и инвариантные свойства можно трактовать как дополнительные фиксированные связи избыточных свобод организации. Удобным для этих целей является более точное определение инварианта, как условие редукции одной степени свободы. В таком случае понимается возможность описания организации посредством списков, содержащих с одной стороны априорные степени свободы си-

стемы, а с другой — присущие ей апостериорные инварианты. При таком формальном подходе описание задачи типа «открытой закон» сводится к составлению именно таких списков. Поскольку заранее критерии и свойства изучаемой системы явлений, как правило, неизвестны, мы вынуждены иметь дело с гипотезами, характеризующими эти инварианты, и с оценками степени достоверности именно гипотез.

Для большей ясности и краткости проиллюстрируем такой подход примером простейшей задачи.

Пусть нам, как испытуемому, предъявляется серия однотипных картинок. Требуется на основе визуальных примеров совокупностей фигур найти какие-либо закономерности. Например, если это серия фигур из двух или нескольких классов, нужно научиться различать эти классы, внутренняя организация которых неизвестна. Конструктивное решение задачи можно осуществлять методом «развала на кучки», или в виде установки «открытой закон», характеризующий каждый класс. Первая формулировка неявным образом, а вторая — явным означает поиск инвариантов для каждого из классов. Например, если один из двух классов содержит изопериметрические фигуры, а другой — изоареальные, то условия постоянства периметра p и площади s :

$$p = \text{const}, \quad s = \text{const},$$

суть искомые инварианты классов произвольных в остальном фигур. Как же искать в общем случае исходно неизвестные инвариантные признаки?

Прежде всего необходимо идентифицировать степени свободы и тем самым построить параметрическое пространство форм фигур. Например, если фигуры треугольники, то в общем случае они имеют шесть степеней свободы, но если мы интересуемся только формой их, то только три степени свободы. Следовательно, такую размерность будет иметь и параметрическое пространство описания фигур — «пространство признаков». Каждая фигура представляется в таком пространстве одиночной точкой, а вся экспериментальная выборка — «облаком» точек, размерность которого может либо со-

индаться с размерностью пространства, либо быть меньше. Первый случай, естественно, свидетельствует об отсутствии ограничений и, следовательно, инвариантов. Этот пример дает наглядное понимание того, что каждый инвариант уменьшает размерность на единицу. Поэтому размерностный анализ позволяет ответить на вопрос о числе инвариантов, а вопрос об их аналитическом содержании решается с помощью аппроксимации. Поиск содержательных моделей и ответов эквивалентен «измышлению гипотез» о выбираемых формах аппроксимации.

Все эти процедуры являются достаточно формальными и допускают, включая генерацию гипотез, компьютерную реализацию задач типа «открытой закон». И для таких задач можно построить компьютерные тесты для измерения исследовательской активности и творческих способностей человека.

Заключение

Революционное действие компьютерных технологий на эволюционный процесс развития, в частности, экспериментальной психологии привело к пересмотру всей технологии эксперимента. Уходят в прошлое бумажные протоколы, секундомеры и многое другое оборудование, обеспечивая новый более высокий уровень проведения классических экспериментов. Кроме того, компьютер позволяет поставить принципиально новые задачи.

Тема этой работы появилась у нас при попытке создать компьютерный навигатор решения школьниками или студентами типовых задач по математике, физике и др. Чтобы создать такой навигатор необходимо в первую очередь организовать «задачное пространство». Организация такого пространства получается простой, если решение единственное. Цель навигатора при этом сводится к подсказкам, помогающим найти верный путь, или к рекомендациям восполнить пробелы предметного знания. Если ученик знает правила решения задачи, то по существу проверка его знаний сводится к проверке правильности применения этих правил, то есть к проверке

синтаксического уровня мышления.

Понятно, что для тех задач, которые имеют не единственный вариант решения, организация самого пространства и навигация существенно усложняются – в этом пространстве появляются дополнительные измерения, учитывающие разнообразие вариантов решений. Именно такой случай представляет больший интерес, так как он позволяет тестировать и развивать более высокие этажи семантического мышления.

Используемые в настоящее время в школах тестирующие компьютерные программы являются пассивными фиксаторами успеха и неудач при ответах «да» и «нет» на простые вопросы из заданного множества, то есть оценивают в какой-то степени уровень знаний, но не мыслительность учащихся и даже не уровень их понимания предмета. Чтобы преодолеть этот барьер «формальной проверки знаний», необходима разработка более совершенных тестов. Нам представляется, что описанные выше компьютерные навигаторы решения типовых задач должны стать новой интерактивной формой автоматизации образовательного процесса. Такие навигаторы пока еще не созданы, но возможность их создания не представляется чем-то фантастичной. Как показал наш предварительный опыт, в этом направлении необходимы дополнительные исследования и разработки как синтаксиса, так и семантики пространства «типовых задач». Иначе говоря, в этой области искусственного и естественно-го интеллекта пока еще не разработано необходимое понимание системной организации интерактивных решателей задач. Нарботка такого опыта необходима не только для создания учебных навигаторов решателей задач, но и для решения фундаментальной проблемы «как измерить мысль».

Трансформация мимики произвольного человеческого лица для задач интеллектуального человеко-машинного интерфейса

Е.В. Тимофеев

Рассматриваются возможные подходы к конструированию мимических систем и вводится понятие интеллектуальной мимической системы. Формулируются задачи, стоящие перед разработчиком интеллектуальной мимической системы, и предлагаются пути их решения. Приводятся примеры формул для преобразования изображений человеческого лица. Обсуждаются перспективы внедрения такой системы в специализированные программные среды.

1. Интеллектуальная мимическая система

Включение мимических сигнализационных стимулов в человеко-машинный интерфейс – задача, реально стоящая перед разработчиками современных мультимедийных программных сред. Для того, чтобы идея такого усовершенствованного интерфейса получила широкое применение, необходимо соблюдение ряда условий. Во-первых, затраты на создание мимической системы должны быть невелики. К примеру, если создавать масштабную мимическую систему, то услуги художника, который должен будет нарисовать все мимические состояния для одного или нескольких лиц, обойдутся дороже, чем стоимость недешево. Во-вторых, мимические стимулы должны быть разнообразными, то есть если в программе будет использовано, к