

Подставив выражение (3) и (4) в (1), после соответствующего преобразования получим правило решения:

$$\ln \Lambda = \sum_{i=1}^n \frac{(x_i - m_{iB})^2}{\sigma_{iB}^2} - \sum_{i=1}^n \frac{(x_i - m_{iA})^2}{\sigma_{iA}^2} + \ln \frac{\sigma_{1B}^2 \cdots \sigma_{nB}^2}{\sigma_{1A}^2 \cdots \sigma_{nA}^2} \cong \ln \Lambda_0. \quad (5)$$

Для $P(A) = P(B)$ и $\Pi_{BA} = \Pi_{AB}$ ($\ln \Lambda_0 = 0$) правило решения (5) преобразуется к следующему виду:

$$K = \sum_{i=1}^n \frac{(x_i - m_{iA})^2}{\sigma_{iA}^2} - \sum_{i=1}^n \frac{(x_i - m_{iB})^2}{\sigma_{iB}^2} \cong \ln \frac{\sigma_{1B}^2 \cdots \sigma_{nB}^2}{\sigma_{1A}^2 \cdots \sigma_{nA}^2} = K_0, \quad (6)$$

т. е. распознаваемый объект относится к классу A , если $K < K_0$, и к классу B , если $K > K_0$.

В общем случае, когда $P(A) \neq P(B)$ и $\Pi_{BA} \neq \Pi_{AB}$, к правой части неравенства (6) прибавляется некоторая постоянная величина $\pm C$, определяемая априорными вероятностями классов и потерями при ошибочных решениях.

Проверка на ЭЦВМ полученного алгоритма (6) для $n = 6$ показала его высокую эффективность при частично пересекающихся распределениях значений отдельных признаков.

О МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ВИБРАЦИОННОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ

А. Г. Мурашко, В. В. Тищенко

В последние годы в нашей стране и за рубежом уделяется большое внимание исследованиям в области бионики, находящим различное применение в технике.

Много работ посвящено исследованию психической деятельности человека и внесению алгоритмов, лежащих в основе функционирования биологических систем, преобразующих ту или иную информацию, поступающую извне на сенсорные входы. Проблема анализа той или иной процедуры переработки информации биологическими системами актуальна в связи с широким применением вычислительных, информационных, логических и управляющих систем и машин не только в области физического, но и умственного труда людей.

В связи с этим изучение вибрационного анализатора поможет инженерам при проектировании технических систем.

Вибрационная чувствительность человека — генетически наиболее древний и мало дифференцированный вид ощущений, хотя недостаточно разработанный, но представляющий интерес для создания помехозащищенной информационной системы, свободной от акустических помех, также приборов, способных расширить возможности технических систем, воспринимающих зрительную и слуховую информацию.

Авторами ставится задача построения математической модели образования информации вибрационным анализатором, представляющей собой саморегулирующую систему с обратными связями типа рецепторное воспринимающее поле — проводящие нервные пути — мозговой анализирующий центр.

Основными свойствами вибрационного анализатора являются раздельная чувствительность и дифференциальный порог различения. Ч

ствительность характеризуется нижним и верхним абсолютными порогами различия. Абсолютный порог различия связывает абсолютную чувствительность и интенсивность раздражителя. Дифференциальный порог определяется минимальным различием между двумя раздражителями, вызывающими едва заметное различие в ощущении.

Порог I вибрационного ощущения является функцией многих параметров

$$I = \varphi(f, A, \tau, t^\circ \dots p), \quad (1)$$

где f — частота вибраций;

A — амплитуда вибраций;

τ — время воздействия;

t° — температура вибратора;

p — давление, оказываемое вибратором.

Известен основной психофизический закон Вебера — Фехнера, связывающий интенсивность ощущения с интенсивностью раздражителя

$$E = k \lg I + c, \quad (2)$$

где E — интенсивность ощущения;

I — интенсивность раздражителя;

k, c — константы.

Можно указать и на известные из психофизики соотношения, связывающие между собой интенсивности раздражения и ощущения.

1. Закон Талбота

$$\int_{t_1}^{t_2} I_1(t) dt = \lim \int_{t_1}^{t_2} I_2(t) dt. \quad (3)$$

2. Закон Портера—Айвса

$$f_{кр} = a \lg I + c, \quad (4)$$

где a, c — константы;

$f_{кр}$ — критическая частота.

3. Закон Плато

$$\lim_{N \rightarrow \infty} \int [I'_N(t)] = \lim_{N \rightarrow \infty} \int [I''_N(t)]. \quad (5)$$

4. Закон Блоха — Шарпантье и др.

Разнообразные материалы научных опытов в области изучения и анализа сферы психической деятельности человека используются крайне слабо из-за трудностей в систематизации результатов исследований в силу нередкой противоречивости выводов при изучении одного и того же явления, из-за сложности получения количественных результатов в таких областях, как психология, психопатология, физиология, педагогика и др., что однако не исключает получения важной информации, незаменимой при постановке экспериментов.

Для построения математической модели необходима проверка справедливости психофизических законов для вибрационного анализатора методом черного ящика, вызванная тем, что систему, где единственным регистрирующим и анализирующим «прибором» является сознание, удобнее всего разбирать в физиологической целостности от входа до выхода. Поэтому вибрационный анализатор рассматривается как кибернетическое устройство, обрабатывающее информацию. Входными сигналами P являются вибрационные раздражения (вибрирующие поля, линии, точки, отдельные прикосновения и др.), выходными сигналами — кожные тактильные (вибрационные) ощущения T .

Задача моделирования вибрационного анализатора состоит в том, чтобы разгадать и математически описать закон преобразования вибра-

ционного раздражения. P назовем входной картиной в вибрационное ощущение, T — выходной образ, т. е.

$$T = f(P).$$

Решение указанной задачи требует выполнения ряда процессов, основными из которых являются:

- 1) изучение вибрационных сигналов с целью выбора необходимого и достаточного набора входных картин;
- 2) изучение способов формирования входных картин как стационарных, так и нестационарных;
- 3) налаживание устройств для точного измерения параметров входных сигналов;
- 4) разработка методики проведения экспериментов по проверке известных психофизических данных;
- 5) разработка методики оценки результатов экспериментов и обработка полученной информации.

Кроме того, необходимо сравнение действительных реакций вибрационного анализатора и реакции сформулированной математикой модели для определения достоверности модели и уточнения справедливости исходных предпосылок, а также с целью извлечения дополнительной информации, позволяющей вводить коррективы в первоначальную гипотезу о механизме преобразования информации в вибрационном анализаторе.

Эксперименты по проверке реакций математической модели на различные типы входных сигналов проводятся на аналоговых и дискретных машинах, с помощью которых реализуются математические модели. Эксперименты с участием человека проводятся на опытной экспериментальной установке, основными элементами которой являются прибор «Вибратор», построенный на пьезокерамических пластинках из титаната циркония свинца, с мощным широкополосным усилителем, блок корректуры, блок модуляции, многофункциональный генератор, измерительная аппаратура и др.

Весьма важны предварительные исследования, цель которых — выявить наиболее чувствительных участков кожи (например, фалангов пальцев с порогом чувствительности $I = 2,6 \cdot 10^{-3}$ см) на определение ощущений в момент отдельных прикосновений (например, можно ощущать и до 10 прикосновений в секунду, ведь количество их зависит от индивидуальных особенностей испытуемого); определение частот, при которых прикосновения сливаются в плавное ощущение вибраций (например, заметное приближенное сходство с характеристиками слуха); определение максимальной чувствительности (например, оно обнаруживается в области 250 кол/сек, однако верхний предел неизвестен из-за технических трудностей); определение различимости вибраций по частоте (например, известно, что они различаются по частоте, хотя и не так ясно, как, скажем, звуки, воспринимаемые человеческим слухом, по их высоте); определение порогов по амплитуде движения кожи (не вибратора); подтверждение участия одних и тех же рецепторов в восприятии прикосновения и вибрации; определение возможностей искажения данных при изучении вибрации, вызванных тенденцией вибраций распространяться из раздражающей точки в другие области на значительное расстояние от исходной точки; определение быстроты, с которой происходит деформация кожи, и влияния скорости нанесения раздражения и т. д.

При проведении экспериментов необходимо учитывать адаптацию. Совсем неясно утверждение о том, что тактильной чувствительностью свойственна «быстрая адаптация» ввиду того, что последовательные прикосновения, частота которых достигает двадцати в секунду, могут в

приниматься отдельно (сравните со зрительными ощущениями). Это свидетельствует скорее не столько об усилении или ослаблении ощущений, сколько о способности тактильных рецепторов достаточно быстро успокаиваться при передаче ощущения от быстрого прерывистого тактильного раздражителя.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА СТАТИСТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА-ОПЕРАТОРА

Б. А. Смирнов

При исследовании систем человек-машина может возникнуть необходимость определения тех или иных характеристик человека-оператора. В тех случаях, когда невозможно поставить натуральный эксперимент (например, при проектировании системы, когда самой системы еще нет), единственным возможным способом оценки влияния деятельности оператора на характеристики системы является метод статистического моделирования [1].

В этом случае при разработке ТЗ на систему и во время ее проектирования важно прогнозирование надежности работы оператора, а также определение психофизиологических качеств человека-оператора, оказывающих наибольшее влияние на результаты его деятельности в данной системе. Для этого необходимо установить, какие ситуации в системе человек-машина будут возникать чаще всего, и при отборе операторов обращать внимание на наличие у них таких качеств, которые позволяли бы успешно работать при наличии тех или иных ситуаций.

Рассмотрим подробнее каждую из поставленных задач. Прогнозирование ошибок в работе оператора можно вести с позиций «микрподхода» к оценке надежности оператора. При этом результаты его деятельности рассматриваются в связи с протекающими психическими процессами, анализируются причины ошибочных действий.

Одна из наиболее существенных причин ненадежной работы — информационная перегрузка, т. е. такое состояние, когда в течение некоторого промежутка времени предъявленное количество информации превосходит возможности человека. При этом возможны два вида проявления перегрузки: переполнение оперативной памяти и дефицит времени.

Для установления вероятности возникновения ошибок должны быть определены вероятности возникновения рассмотренных ситуаций и проведен анализ деятельности оператора в этих условиях, позволяющий определить условную вероятность появления ошибок в рассматриваемых ситуациях.

Все ошибки операторов можно классифицировать на три вида. Ошибки первого вида своевременно исправляются самим оператором, т. е. не оказывают влияния на процесс управления. Ошибки второго вида хотя и исправляются оператором, но несвоевременно. Ошибки третьего вида оператором не исправляются и приводят к нарушению процесса управления. Используя формулу полной вероятности, можно записать

$$P_{\text{ош } j} = \sum_{i=1}^3 P_i P_{ji}, \quad (1)$$

где P_i — вероятность i -го состояния системы человек-машина, т. е. переполнения оперативной памяти, возникновения дефицита времени (без переполнения памяти), отсутствия перегрузки;

P_{ji} — условная вероятность возникновения ошибки j -го вида ($j = 1, 2, 3$) в i -м состоянии ($i = 1, 2, 3$).