

УДК 629.735.015.017.2

В.В. Огоренко, С.В. Клименко

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ИНДИВИДУАЛЬНОГО
КОМПЬЮТЕРНОГО ПСИХОМЕТРИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА****Постановка задачи**

Компьютерный психометрический мониторинг – это один из методов динамического наблюдения и изучения психического состояния путем информационного взаимодействия человека и компьютера. Взаимодействие осуществляется по зрительному каналу через экран и клавиатуру компьютера [1]. Процесс взаимодействия или тестирование – это ответы и решения на последовательность вопросов, задач, команд, заданий (стимулов). Математически тестирование описывается функцией теста $\Phi(k)$ – последовательность правильных ответов или решений (ключ теста); стимульной функцией $S(k)$ – количество информации в каждом вопросе или задании; функцией решений $R(k)$ и функцией $T(k)$ – время реакции на каждое информационное воздействие (k – номер стимула). Индивидуальный психометрический мониторинг – это последовательность повторных тестирований и сравнение их результатов с целью оценки изменений тех или иных показателей психического состояния или уровня психического расстройства личности. К ним относятся изменение устойчивости темперамента, характера и структуры личности, восприятия и запоминания информации и ее осмысление; это изменение показателей внимания и мыслительных процессов, работоспособности и правильности принятия решений. Рассмотрим информационные технологии психометрического мониторинга на примере двух задач: наблюдение за устойчивостью темперамента и за устойчивостью внимания личности.

Математическое описание результатов тестирования.

Тест Г.Айзенка для оценки темперамента разработан на основе идей И.П. Павлова и К.Г. Юнга о четырех типах нервной системы личности, отличающихся степенью проявления ее направленности (экстраверсии или интроверсии) и эмоциональной устойчивости

(невротизма). Тест сконструирован таким образом, что ответы на вопросы характеризуют проявление крайних значений этих двух исследуемых факторов: высокий или низкий уровень невротизма и экстраверсию или интроверсию личности.

Типы личности связаны с этими показателями следующими отношениями: 1) холерики – экстраверты с высоким уровнем невротизма; 2) сангвиники – экстраверты с низким уровнем невротизма; 3) флегматики – интроверты с низким уровнем невротизма; 4) меланхолики – интроверты с высоким уровнем невротизма. Каждое решение (ответ на стимул) является случайным событием, вероятность которого можно оценить по результатам тестирования. Если число стимулов равно n , а число ответов, совпадающих с ключом теста равно n_1 , то отношение n_1/n является оценкой вероятности того, что у испытуемого проявляется высокий уровень исследуемого фактора и с вероятностью $(1 - n_1/n)$ – низкий уровень. В тесте Айзенка 24 стимула относятся к задаче исследования экстраверсии-интроверсии и 24 стимула для оценки невротизма. Для выделения стимулов сформированы факторные функции $\mathcal{E}(k)$ и $N(k)$. Число совпадающих с ключом решений определяются по формулам

$$n_{\mathcal{E}} = 0,5 \sum_{k=1}^{57} (R(k)\Phi(k)+1)\mathcal{E}(k) \quad , \quad n_N = 0,5 \sum_{k=1}^{57} (R(k)\Phi(k)+1)N(k) \quad .$$

По этим данным можно оценить вероятности проявления высоких и низких уровней направленности и невротизма

$$P_{\mathcal{E}}^*(B) = \frac{n_{\mathcal{E}}}{24} \quad , \quad P_N^*(B) = \frac{n_N}{24} \quad , \quad P_{\mathcal{E}}^*(H) = 1 - P_{\mathcal{E}}^*(B) \quad , \quad P_N^*(H) = 1 - P_N^*(B) \quad .$$

Сочетания степеней выраженности этих факторов характеризуют тип личности: 1) холерик $X = B_{\mathcal{E}}B_N$; 2) сангвиник $C = B_{\mathcal{E}}H_N$; 3) флегматик $\Phi = H_{\mathcal{E}}H_N$; 4) меланхолик $M = H_{\mathcal{E}}B_N$.

Тип личности оценивается четырьмя значениями вероятности одновременного проявления и направленности, и невротизма как произведение двух независимых случайных событий

$$P^*(X) = P_{\mathcal{E}}^*(B)P_N^*(B) \quad ; \quad P^*(C) = P_{\mathcal{E}}^*(B)P_N^*(H) \quad ; \quad P^*(\Phi) = P_{\mathcal{E}}^*(H)P_N^*(B) \quad ; \\ P^*(M) = P_{\mathcal{E}}^*(H)P_N^*(H) \quad .$$

На практике более понятным представлением результатов тестирования будет не оценки вероятностей, а показатели проявления

у испытуемых свойств всех четырех типов темперамента выраженные в процентах

$$X\% = 100P^*(X), C\% = 100P^*(C), M\% = 100P^*(M), \Phi\% = 100P^*(\Phi).$$

Рассмотрим теперь второй измеряемый показатель тестирования – время, которое необходимо испытуемым на восприятие информации, содержащейся в каждом стимуле, ее осмысление и на формирование решения. Время $T(k)$ зависит от информативности стимулов $S(k)$, которую можно оценить числом знаков, содержащихся в каждом стимуле. Чтобы ослабить эту зависимость, выберем в качестве показателя психоинформационной реакции испытуемых на стимульные воздействия удельное время, которое затрачивается на обработку одного знака k -го стимула $\tau(k) = T(k)/S(k)$. Обратная величина – скорость обработки k -го стимула $V(k) = S(k)/T(k) = (\tau(k))^{-1}$. Оценки удельного времени $\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_k, \dots, \tau_n$ являются случайными величинами с неизвестными статистическими закономерностями, для математического описания которых необходимо построить гистограммы, как модели законов распределения вероятностей, оценить средние значения и выборочные дисперсии.

Визуализация результатов тестирования

Для визуального анализа можно использовать графическое представление результатов тестирования и количественную оценку темперамента протестированной личности. Показатели тестирования n_{\ominus} и n_N в классической методике принятия решений представляются как координаты точки в прямоугольной системе координат (рис.1.). Если точка попадает в правый верхний квадрат (12x12) – принимается решение «холерик», правый нижний – «сангвиник», левый верхний – «меланхолик», левый нижний – «флегматик».

Такой информационный квадрат показан на рис.1а. Трудности принятия решений возникают только в случаях попадания точек окрестность центра информационного квадрата, когда показатели направленности и невротизма равны 11ч13 (рис.1б.).

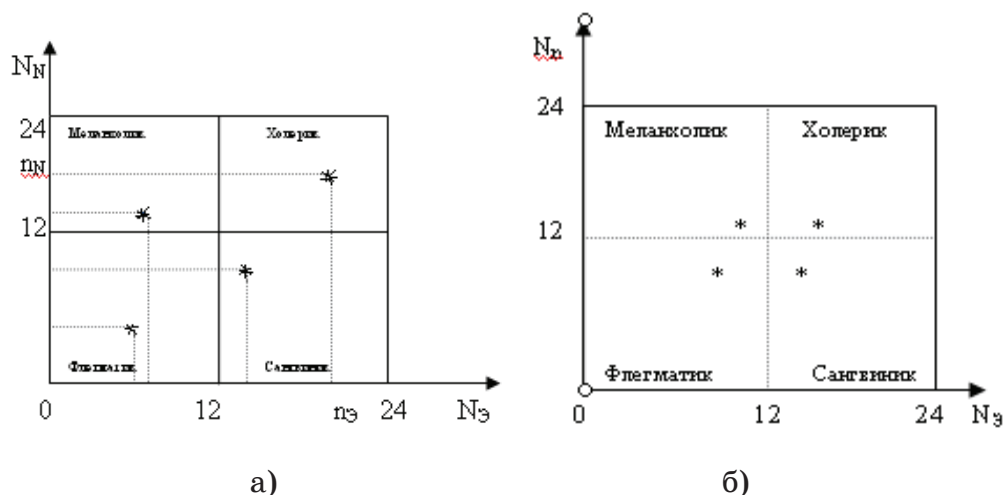
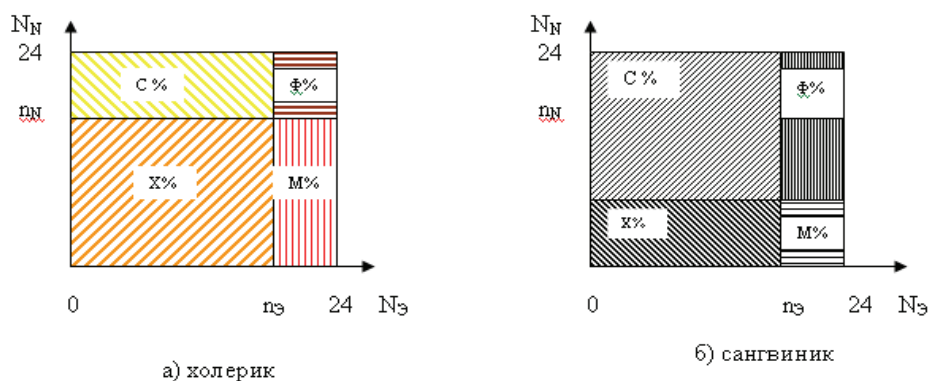


Рисунок 1 - Графическое представление результатов тестирования (классическая методика)

Предлагается новый, более информационный метод графического представления результатов тестирования. Через точку с координатами $n_Э$ и n_N проводятся две прямые параллельно осям координатного квадрата. Информационный квадрат делится на четыре части, площади которых равны выраженным в процентах (%) показателям одновременного проявления свойств холерика, сангвиника, флегматика и меланхолика. Его визуализация представляет собой графическую модель темперамента личности (рис.2.).



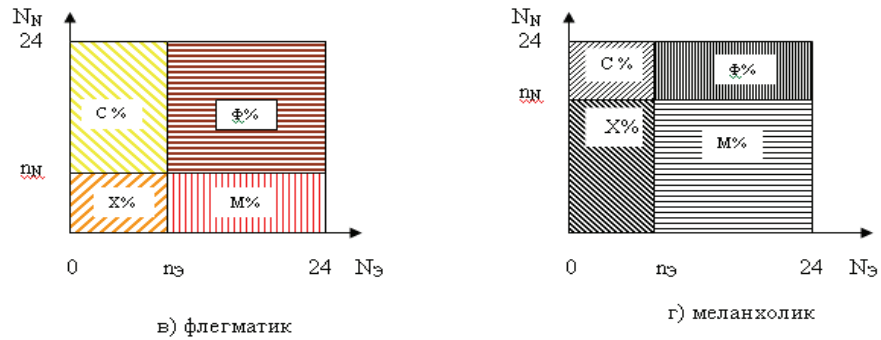


Рисунок 2 - Графические модели темпераментов по результатам четырех тестирований (новая методика)

Для поддержки принятия решений по результатам тестирования формируются следующие данные:

- 1) информационный квадрат с процентными показателями проявления свойств темпераментов 4-х типов;
- 2) гистограмма и таблицы гистограммных чисел удельного времени реакции;
- 3) среднее значение и выборочная дисперсия удельного времени.

Психометрическое тестирование внимания

Рассмотрим один из тестов для исследования внимания на основе стимулов в виде таблиц двухзначных чисел (рис.3.)

10	15	25
16	14	12

22	44	54
14	98	45
56	32	25

42	15	26
72	46	59
29	13	78
62	34	65

Рисунок 3 - Примеры стимулов теста «Внимание»

Задача испытуемого – определить максимальное (или минимальное) число в таблице и набрать его на клавиатуре компьютера. Информативность стимулов оценивается числом цифр в таблице, например, $S(1) = 12$, $S(2) = 18$, $S(3) = 24$. Таблицы формируются специальными генераторами случайных чисел и никогда не повторяются. Математически процесс тестирования описывается ключом как функцией теста $\Phi(k)$, стимульной функцией $S(k)$, функцией решений $R(k)$ и временем реакции $T(k)$.

По этим данным формируются: функция правильных решений $Q(k)$ и функция удельного времени $\tau(k)$ обработки одного знака стимула $S(k)$

$$Q(k) = \text{sgn}(-|\Phi(k) - R(k)|), \quad \tau(k) = \frac{T(k)}{S(k)},$$

где $\text{sgn}(z)$ – функция единичного скачка, равная единице, если $z \geq 0$, и нулю, если $z < 0$, $|\Phi - R|$ – модуль разности.

По этим данным можно оценить вероятность правильных решений P^* (или ошибочных решений $p_0^* = 1 - P^*$), где

$$P^* = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \text{sgn}(-|\Phi(k) - R(k)|),$$

построить гистограмму оценок $\tau(k)$ и определить их выборочные числовые характеристики.

Сравнение результатов тестирований

Рассмотрим теперь задачу сравнения результатов первого и повторного тестирования. Математически эта задача сводится к анализу оценок вероятностей p_i^* и выборок измерений $\tau_{i1}, \tau_{i2}, \dots, \tau_{in}$, $i = 1, 2$. Задача сравнения решается путем проверки однородности выборок при первом и повторном тестировании $R_1(k)$ и $R_2(k)$, $\tau_1(k)$ и $\tau_2(k)$. Выборки считаются однородными, если у них одинаковые законы распределения вероятностей.

Для однородных выборок $R_1(k)$ и $R_2(k)$ число правильных решений n_1 и n_2 имеют одинаковые биномиальные законы распределения вероятностей с параметрами m – число стимулов, p – вероятность принятия правильного решения. Сумма $n = n_1 + n_2$ тоже случайная величина, то ожидаемое случайное число повторных правильных решений $i = n - n_1$ описывается условным гипергеометрическим законом распределения вероятностей [2]

$$P(i/m, n) = \frac{C_m^i C_n^{n-i}}{C_{2m}^n},$$

где i – может изменяться в интервале $[0; n - m] \leq i \leq \min[n, m]$. Следовательно, если выборки однородные, то ожидаемое число повторных правильных решений i с вероятностью P должно

удовлетворять неравенству $i_1 \leq i \leq i_{02}$, где $i_1 = \max[0, n - m]$, а порог сравнения i_{02} определяется путем решения уравнения

$$\sum_{i=i_1}^{i_{02}} P\left(\frac{i}{m, n}\right) = \frac{1}{C_{2m}^n} \sum_{i=i_1}^{i_{02}} C_m^i C_m^{n-i} = P,$$

где C_N^k – число сочетаний из N по k . Решающее правило проверки однородности двух выборок запишется как неравенство $i_1 \leq n_2 \leq i_{02}$. Если теперь i_{02} заменить на n_2 , то будем иметь равносильное неравенство

$$S = \sum_{i=i_1}^{n_2} P\left(\frac{i}{m, n}\right) \leq P,$$

Используя это неравенство, можно проверять, изменились или не изменились показатели направленности и невротизм личности n_3 и n_N теста Айзенка и ошибки принятия решений по тесту «Внимание» (n_1 и n_2). Чтобы пользоваться этой информационной технологией, достаточно задать только показатель ее надежности (вероятность P , например $P = 0,95$).

Для наблюдения за выборками измерений удельного времени $\tau(k)$ можно воспользоваться одним из критериев однородности независимых непрерывных случайных величин [3]. Если число измерений в выборке больше 20, то можно применить непараметрический критерий Вилкоксона. Информационная технология решения этой задачи заключается в определении рангов $R[\tau_2(k)]$ повторных измерений $\tau_2(k)$ в объединенной упорядоченной выборке, сформированной из последовательностей $\tau_1(k)$ и $\tau_2(k)$ и записанной в виде порядковой статистики $\xi_1 < \xi_2 < \dots < \xi_i < \dots < \xi_{2m}$, где ξ_1 – минимальное, а ξ_{2m} – максимальное значения $\tau(k)$

$$R(\tau_2(k)) = \sum_{i=1}^{2m} \text{sgn}[\tau_2(k) - \xi_i].$$

Если выборки $\tau_1(k)$ и $\tau_2(k)$ однородны, то среднее значение рангов

$$R(\tau_2(k)) = \frac{1}{24} \sum_{k=1}^{24} R_2(\tau_2(k)),$$

как случайная величина, распределена по закону Гаусса. Математическое ожидание и дисперсия среднего зависят только от размеров исследуемых выборок

$$M[\bar{R}] = \frac{2m+1}{2}, \quad D[\bar{R}] = \frac{2m+1}{12}.$$

Показатели близости Вилкоксона W двух выборок сформируем как нормированную разность $\bar{R}(\tau_2)$ и $M[\bar{R}]$

$$W = \frac{2\sqrt{3}[\bar{R}(\tau_2) - 0,5(2m+1)]}{\sqrt{2m+1}}.$$

Решающее правило контроля однородности запишется в виде неравенства: если $|W| \leq W_0$, то результаты повторного тестирования совпадают с предыдущими. В противном случае, имеют место изменения реакций испытуемого на стимульные воздействия. Порог сравнения W_0 выбирается по заданной (выбранной) вероятности надежности принимаемых решений P (если $P = 0,95$, то $W_0 = 1,96$).

Если имеет место изменение хотя бы одного из измеряемых факторов (невротизма и направленности личности), изменилось число принятых ошибочных решений, нарушилась однородность оценок удельного времени обработки знаковой информации, то готовятся психометрические данные для поддержки принятия диагностических решений:

- 1) графические модели повторного и предыдущего результатов оценки темперамента;
- 2) гистограммы выборок удельного времени в одном масштабе измерений;
- 3) таблица, содержащая результаты сравнения вероятностей ошибок, средних значений и выборочных дисперсий.

Заключение.

1. Компьютерный психометрический мониторинг позволяет количественно оценивать изменения показателей психического состояния или уровня психического расстройства личности.

2. Для повышения диагностической информативности теста Айзенка предложен новый метод обработки и визуализации результатов психометрического тестирования на основе оценок вероятностей одновременного проявления свойств всех четырех типов темперамента личности (холерика, сангвиника, флегматика, меланхолика).

3. Внимание, как один из показателей психического состояния личности, предлагается оценивать числом ошибочных решений при

определении максимальных значений чисел стимулов в виде двухзначных цифровых матриц.

4. В качестве показателя психомоторной реакции испытуемых на последовательность стимулов предлагается использовать оценки удельного времени обработки одной условной единицы информации, содержащейся в каждом стимуле.

5. Задачи обнаружения изменений показателей повторного тестирования решаются на основе статистической теории однородности выборок измерений, сравнения оценок вероятностей, гистограмм, средних значений и выборочных дисперсий по критериям хи-квадрат, Стьюдента и Снедекора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дюк В.А. Компьютерная психодиагностика.- СПб, Братство, 1994.- 365с.
2. Большев Л.Н., Смирнов Н.В. Таблицы математической статистики. –М.: Наука, 1985. -416с.
3. Ван-дер-Варден Б.Л. Математическая статистика. М.: Изд. иностр. литературы, 1960.- 434с.

Получено 11.02.2008 г.