

ОЦЕНКА ЭРГОНОМИЧНОСТИ ЧЕЛОВЕКО-МАШИННЫХ СИСТЕМ ПО ЭСТЕТИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ

В ряду требований, которым должна удовлетворять любая предлагаемая оценка, выделяются необходимость целостности комплекса показателей и их соответствия целям профессионального отбора и обучения. Они приобретают особое значение для сложных и динамичных систем (например, в авиации, где управление самолетом осуществляется на основе целостного «образа полета» [1]). На сегодняшний день, ни одна из нескольких десятков общих и специализированных методик не удовлетворяет одновременно всем требованиям [2, 3, 4, 5, с. 97]. Проблема адекватного представления данных и моделирования психофизиологических процессов также далека от разрешения, отчасти ввиду ограниченных возможностей существующего математического аппарата [2, с. 111]. Указанные обстоятельства обуславливают выбор эстетических показателей, как основы оценки, и применение волновых моделей С- пространства для обработки и представления результатов.

Обобщенная оценка должна складываться из групповых и единичных оценок соответствия реальных показателей предсказываемым для каждого элемента и слоя, взятых с весовыми коэффициентами, пропорциональными потенциалам согласно модели «человек – среда» (МЧС) [6]; таким образом, она будет скоординирована с процессами операторской деятельности и оценками психофизиологических показателей. Определять показатели целесообразно методом экспертных оценок, внося в основанную на МЧС шкалу соответствующие калибровки. Необходимо использовать принятые для технической эстетики категории, знакомые специалистам-дизайнерам, уточнив и зафиксировав их смысл и определив приоритеты и пределы оценок.

А. Описание, приоритетность и соответствия показателей.

Тектоника характеризует целостность эргатической системы (ЭС), т.е. «прозрачность» ее работы (последовательность, предсказуемость, «образность» хода технологических операций). Оценивается степень интуитивно воспринимаемого единства формы представления информации и ее содержания, взаимная «согласованность» компонентов ЭС. Приоритет категории наивысший; она определена для всех уровней организации системы.

Структурированность характеризует восприятия оборудования, как единого целого, единство стиля элементов, их взаимную согласованность, образность, общность тональности и колористики. Здесь оценивается степень «выделенности» системы отображения информации (СОИ) и органов управления на неструктурированном «фоне», их способность привлекать и удерживать внимание, определять эмоциональный тонус оператора. Приоритет категории ниже; она определена для второго и следующих уровней.

Организованность объемно-планировочная характеризуют качество организации и соответствия СОИ и органов управления (*уравновешенность* - не-

уравновешенность, наличие или отсутствие функциональной симметрии, статичность или динамичность), т.е. согласованность формы кодирования и динамики изменения параметров и перемещений органов. Таким образом, она соответствует третьему и последующим уровням и определяет степень гармонии функциональных структур оборудования. Приоритет категории еще ниже.

Организованность пространственная, временная, информационная характеризует форму, пропорции, размеры, масштаб, ритм, нюанс, метрические повторы композиции, последовательность, ритм, темп работы приборов и органов управления, информацию, энергию, энтропию кодов и действий оператора. Оценки соответствуют четвертому и последующим уровням. Их приоритет ниже, чем у предыдущих.

Организованность рецепторная характеризует свет, светотеневую палитру, цвет, тон, фактуру и текстуру материала, гармоничность цвето-звуковых ассоциаций (при использовании функциональной музыки), т.е. гармоничность тонких композиционных средств для пятого уровня восприятия. Используемые здесь показатели обобщают оценки следующих уровней, что сделано во избежание чрезмерной детализации; при необходимости система может быть развита и дальше, на 6 и 7 уровни [6].

В соответствии с распределением потенциалов по слоям МЧС, показатели ранжируются следующим образом.

Таблица. Эстетические показатели эргономичности

| Слой | Показатели | | | Баллы | |
|------|---------------------|--|--|-------|-----|
| | обобщенные | групповые | единичные | min | max |
| 1 | тектоника | | | 100 | 162 |
| 2 | структурированность | | | 62 | 99 |
| 3 | | организованность объемно-планировочная | | 38 | 61 |
| | | | уравновешенность - неуравновешенность, функциональная симметрия - асимметрия, статичность - динамичность | | |
| 4 | | организованность пространственная, временная, информационная | | 24 | 37 |
| | | | форма, пропорции, размеры, масштаб, ритм, нюанс, метрического повтор; последовательность, ритм работы, темп; информация, энтропия, энергия | | |
| 5 | | организованность рецепторная | | 15 | 23 |
| | | | свет, светотень, цвет, тон, фактура, текстура, цвето-звуковые ассоциации | | |

Б. Качественные и балльные оценки.

Каждый из единичных показателей, в пределах своей группы и своего уровня, удобно оценивать в баллах:

- «очень плохо» — 1;
- «плохо» — 2;
- «удовлетворительно» — 3;
- «хорошо» — 4;
- «отлично» — 5.

Тем самым используется привычная инвариантная для каждого слоя и показателя шкала оценок. Групповые показатели рассчитываются как среднеарифметические от суммы взвешенных единичных показателей, причем, вес каждого из них определяется экспертом. Возможно применение упрощенной оценки, когда групповые показатели определяются интегрально, а учет единичных показателей не производится. Таким же образом оцениваются обобщенные показатели. Далее производится обработка полученных оценок:

1. Оценки, данные экспертами для каждого из уровней, рассматриваются как случайные величины, образующие 5 выборок из n (по числу экспертов) элементов.

2. Для каждой из них рассчитываются:

- математическое ожидание

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (1)$$

- * выборочная дисперсия

$$D(x) = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1} \quad (2)$$

- * среднее квадратическое отклонение

$$\sigma = \sqrt{D(x)} \quad (3)$$

В дальнейшем возможны два варианта использования полученных величин, в зависимости от квалификации экспертов (см. пункт В):

а. Если производится только одна оценка (например, экспертами в процессе сертификации), используется только (1);

б. Если производится ряд последовательных оценок (например, операторами в ходе работы), используются (1-3) для проведения дисперсионного анализа и сравнения математических ожиданий с целью выявления влияния на оценки какого-либо фактора (привыкания, типа мышления и др. личностных характеристик и т.п.). В этом случае предполагается, что сравниваемые величины подчинены нормальному закону распределения. Методы статистической обработки применительно к задачам эргономики приведены в [8].

3. Определяются взвешенные групповые и обобщенные оценки для каждого из слоев

$$X = \frac{P_{\max} - P_{\min}}{4} (\bar{x} - 1), \quad (4)$$

где P_{\max} и P_{\min} - максимальные и минимальные баллы для каждого из слоев, определяемые из таблицы.

4. Рассчитывается *условная суммарная оценка эстетических показателей*:

$$X_s = \sum_{k=1}^5 X_k \quad (5)$$

Эта оценка определяет общее экспертное заключение:

239 < X_s < 278 — «плохо»;

279 < X_s < 334 — «удовлетворительно»;

334 < X_s < 382 — «хорошо».

Для более точной оценки по каждому из уровней вводятся *оценка гармоничности показателей* и *оценка сбалансированности уровня*.

Оценка гармоничности показателей определяется для каждого из уровней путем сравнения X с расчетным значением оценки, исходя из X_s

$$X_{sk} = X_s \cdot \Phi^{k-1} \quad (6)$$

Отклонение X в меньшую сторону говорит о том, что решение для данного уровня должно быть улучшено.

Оценка сбалансированности уровня определяется путем сравнения единичных оценок для каждой из групп со значением групповой оценки. Отклонение в меньшую сторону показывает, что решение должно быть улучшено.

В. Процедура оценки.

При назначении экспертов следует выделять следующие группы:

Эксперты- дизайнеры;

Эксперты- операторы, в свою очередь разделяемые на лиц с преимущественно вербальной или образной формами мышления.

Желательно объединять в одну группу людей с примерно одинаковой квалификацией; при невозможности этого — применять к оценкам весовые коэффициенты, пропорциональные уровню квалификации.

Оценка производится каждым экспертом каждой группы независимо. Заполняется протокол, по форме соответствующий таблице, однако для обобщенных, групповых и единичных показателей оценки проставляются в форме «отлично», «хорошо» и т.д. Обоснование оценок не производится. Протокол служит основанием для последующей обработки. В результате определяется обобщенная эстетическая оценка и даются рекомендации (замечания) по улучшению решений на отдельных уровнях.

Из таблицы видно, что доля эстетики определяется, во-первых, основным характером деятельности оператора и, во-вторых, применяемыми средствами компенсации негативных воздействий.

Например, оценка тектоники «очень плохо» свидетельствует о высокой вероятности ошибочных действий оператора и необходимости изменять не только дизайнерские, но и конструктивные решения СОИ и ОУ, а также пере-

смотреть список выдаваемых сообщений и форму кодирования; такая же оценка рецепторной организованности свидетельствует лишь о резервах совершенствования дизайнерских решений.

Поэтому возможности увеличения эргономичности определяются разницей потенциалов уровня, на котором осуществляется деятельность оператора, и уровня эстетической компенсации.

Например, если основной характер деятельности оператора кинестетический (уровень 4), а компенсация негативных воздействий происходит за счет улучшения рецепторной организованности (уровень 5) [6], то формула, оценки вклада эстетических факторов V примет вид:

$$V = \frac{\Phi \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3}{3}, \quad (7)$$

где k_1 и k_2 - коэффициенты значимости воздействия группы рецепторов и конкретного рецептора для деятельности оператора, k_3 - коэффициент условий восприятия, 3- число групп рецепторов (экстероцепторы, проприоцепторы, интероцепторы).

Например, для всех экстероцепторов, принимая $k_1=k_2=k_3=1$, имеем $V = 0.618 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1/3 = 0.206$, т.е. эргономичность может быть увеличена максимум на 26%; отдельно для зрения, принимая $k_1=1$, $k_2=0.7-0.9$, $k_3=1$ [7], получим $V = 0.618 \cdot 1 \cdot (0.7 \div 0.9) \cdot 1/3 = 0.144 \div 0.185$, т.е. эргономичность может быть увеличена на 14.4-18.5%.

Сравнение достигнутых показателей с расчетными значениями позволит оценить эффективность мероприятий по повышению эстетичности.

Например, теоретически возможный прирост производительности при применении функциональной музыки для компенсации монотонного характера труда [9] составляет $V = 0.618 \cdot 1 \cdot 0.1 \cdot 1/3 = 0.0206$, или 2.6%; фактическое значение — 1-3%, т.е., с учетом точности измерений, можно говорить о высокой эффективности применения функциональной музыки в данном случае.

ЛИТЕРАТУРА

1. Человеческий фактор, т.1-6.-М.:Мир,1991-92
2. Суходольский Г.В. и др. Метод оптимальной компоновки рабочего места человека-оператора. Препринт.-М.,1971.-16 с.
3. Интегральная оценка работоспособности при умственном и физическом труде: Методические рекомендации.-М.:Экономика,1990.-109 с.
4. Актуальные проблемы физиологии труда и профилактической эргономики. Тез. докл. 9-я Всес. конф.-М.,1990, т.1-4
5. Контроль состояния человека- оператора. Тез. докл. расш. заседания секции бионики и эргономики.-М.,1970.-61 с.
6. Ковальов Ю.М. Побудова ергономічної моделі «людина — середовище» //Прикл. геометрія та інж. графіка.-К.:КДТУБА, 1996.-Вип.61.-С.68-73
7. Шибанов Г.П. Количественные оценки деятельности человека в системах человек-техника.-М.:Машиностроение,1983.-263 с.
8. Смирнов Б.А. Инженерная психология. -К.:Вища школа,1979.-192 с.
9. Применение функциональной музыки на предприятиях. Метод. рек.-Пермь,1973