

УДК 303.722

А.А. Стенин, С.А. Стенин, М.В. Мелкумян

## ФАКТОРНЫЙ АНАЛИЗ В ОЦЕНКЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЭКСПЕРТА-АНАЛИТИКА

*Аннотация:* Исследование надежности работы эксперта-аналитика методом Терстоуна на примере двухфакторной модели.

*Ключевые слова:* факторный анализ, метод Терстоуна, эксперт-аналитик, аналитическая лаборатория, надежность (безошибочность).

### Введение

В проблеме надежности эксперта-аналитика одним из основных направлений является изучение причин возникновения ошибок [1,3,5]. Ошибка эксперта-аналитика должна рассматриваться не только как причина осложнения, ухудшения профессиональной деятельности или возникновения экстремальной ситуации, но и как следствие определенных профессиональных качеств, особенностей психических, физиологических и других функций, проявляющихся в данных условиях. Такой подход позволяет не только констатировать причину ошибки, но и оценить ее как случайное или закономерное проявление функциональных возможностей, присущих данному эксперту или определенной категории экспертов (объединенной по принципу общности профессии, возраста и т.п.), и на этой основе разрабатывать рекомендации по предупреждению ошибок [3].

### Общая характеристика методов факторного анализа

Задачей факторного анализа является выделение из большого числа переменных наиболее простых показателей (факторов), которые бы описывали данный объект изучения, как можно точнее воспроизводили бы данные, полученные в результате наблюдения, и в определенном смысле также “объясняли” внутренние объективно существующие закономерности.

При проведении факторного анализа все расчеты носят последовательный характер. Процедура выполнения вычислительных операций схематично представлена на рис. 1. [4].

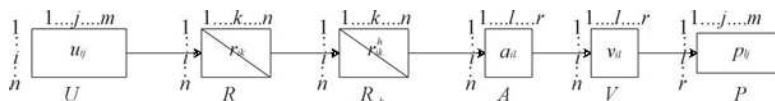


Рис. 1 – Схема факторного анализа

Обозначения:  $U = (u_{ij})$  – матрица исходных данных,  $R = (r_{ik})$  – корреляционная матрица,  $R_h = (r_{ik}^h)$  – редуцированная корреляционная матрица,  $A = (a_{il})$  – матрица отображения, элементами которой являются факторные нагрузки,  $V = (v_{il})$  – факторная

матрица после поворота,  $p = (p_{ij})$  – матрица значений факторов,  $i = 1, \dots, n - 1$  и  $k = 1, \dots, n$  – переменные,  $j = 1, \dots, m$  – объекты,  $l = 1, \dots, r$  – факторы.

Любой метод факторного анализа начинается с матрицы исходных данных  $U$ . По ней вычисляется корреляционная матрица  $R$ . По главной диагонали корреляционной матрицы затем проставляют оценки общностей и получают  $R_h$ . Из  $R_h$  с помощью определенных способов извлекают факторы, получая в результате матрицу  $A$ . Столбцы матрицы  $A$  ортогональны и занимают произвольную позицию в отношении переменных, определяемую методом выделения факторов. Возможно большое число матриц  $A$ , которые будут одинаково хорошо воспроизводить  $R_h$ . Из них должна быть выбрана одна путем вращения несколькими способами, таким образом получаем матрицу  $V$ . Затем вычисляется матрица значений факторов  $P$ .

Формально схема на рис. 1 охватывает всю процедуру факторного анализа. В большинстве случаев отдельные этапы вычисления делаются упрощенно или опускаются вовсе.

Существуют различные способы выбора факторов для матрицы  $A$ . Самыми распространенными являются метод главных компонент (или метод главных факторов) и центроидный метод (метод простого суммирования).

Синонимом названия “центроидный метод” является “метод центра тяжести”. Это название объясняет принцип метода. Положение первой координатной оси (первого фактора) должно быть определено так, чтобы она проходила через центр тяжести скопления точек. В методе главных факторов для определения предпочтительной системы координат требуется, чтобы вдоль первой оси лежал максимум дисперсии.

Назначение обоих требований – однозначно определить положение системы координат. Проекции точек (компонентов) на оси координат определяют факторные нагрузки  $a_{il}$ , которые рассчитываются по корреляционной матрице. После вычисления нагрузок первого фактора определяют остаточные корреляции. Если принимается решение выделить второй фактор, то повторяется та же самая вычислительная процедура по матрице остаточных корреляций. Выделение факторов геометрически означает отыскание пространства наименьшей размерности, которое еще допускает содержание в этом пространстве всех переменных и также проецирование переменных в этом  $n$ -мерном пространстве. Путем вращения координатных осей ( $r$ -факторов) выбирают такое положение, при котором достигается возможно более простое расположение векторов переменных по отношению к координатным осям. Т.е. наибольшее число переменных должно лежать в возможно более узкой зоне вокруг гиперплоскостей координат.

## Постановка задачі

Рассматривается степень влияние различных форм обеспечения (организационного, технического, информационного, эргономического) и условий работы экспертов-аналитиков в аналитической лаборатории, которые назовем параметрами, на два фактора, лежащих в основе их надежной (безошибочной) работы. Следствием плохой работы эксперта-аналитика могут быть следующие состояния этих параметров:

1. Неадекватная реальному процессу исследования программа подготовка.
2. Недостатки в профессиональном отборе экспертов-аналитиков.
3. Чрезмерная информационная нагрузка.
4. Плохое методическое обеспечение аналитической лаборатории.
5. Плохое техническое обеспечение аналитической лаборатории.
6. Плохое отображение информации.
7. Нерациональная компоновка рабочего места эксперта-аналитика.
8. Недостаточная освещенность аналитической лаборатории.
9. Плохая звукоизоляция аналитической лаборатории.
10. Низкая мотивация.

В качестве двух основных факторов, подлежащих исследованию, будем рассматривать степень психологической устойчивости (фактор II) и уровень профессионализма (фактор I). Задачей исследования является определение степени влияния указанных параметров на выбранные факторы и их корреляционная зависимость.

## Решение задачи

Факторный анализ независимо от конкретной задачи начинается с обработки, полученной на множестве экспертных оценок, таблицы интеркорреляций, известной как корреляционная матрица, а заканчивается получением факторной матрицы, т.е. таблицы, показывающей вес или нагрузку каждого из факторов по каждому параметру. Пусть таблица 1 представляет собой гипотетическую факторную матрицу, полученную для исследования нашей задачи.

Факторы перечисляются в верхней строке таблицы от более значимого к менее значимому, а их веса по каждому из 10 параметров даны в соответствующих столбцах.

Представим факторы геометрически в виде осей координат, относительно которых каждый параметр может быть изображен

в виде точки. Рис. 1 поясняет эту процедуру. На этом графике каждый из 10 параметров, приведенных в табл. 1, отображен в виде точки относительно двух факторов, которые соответствуют осям I и II. Так, параметр 1 представлен точкой с координатами 0,74 по оси I и 0,54 по оси II. Точки, представляющие остальные 9 параметров, построены аналогичным способом, с использованием значений весов из табл. 1.

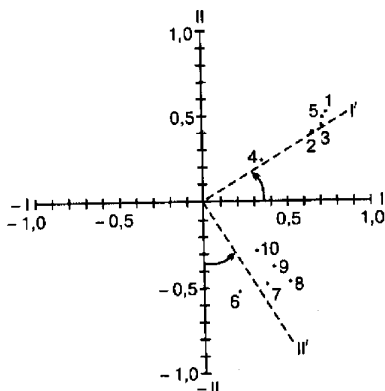
Таблица 1. Гипотетическая факторная матрица

Параметры	Фактор I	Фактор II
1. Адекватность программы подготовки	0,74	0,54
2. Профессиональный отбор	0,64	0,39
3. Информационная нагрузка	0,68	0,43
4. Методическое обеспечение	0,32	0,23
5. Техническое обеспечение	0,70	0,50
6. Отображение информации.	0,22	-0,51
7. Компоновка рабочего места	0,40	-0,50
8. Освещенность	0,52	-0,48
9. Звукоизоляция	0,43	-0,37
10. Мотивация	0,3 2	-0,25

Следует заметить, что положение осей координат не фиксировано данными. Исходная таблица корреляций определяет лишь положение параметров (т.е. точек на рис. 1) относительно друг друга. Те же точки можно нанести на плоскость с любым положением координатных осей. По этой причине при проведении факторного анализа обычно вращают оси согласно изложенным выше методам до тех пор, пока не получают наиболее приемлемого и легко интерпретируемого отображения.

На рис. 2 полученные после вращения оси I и II показаны пунктирными линиями. Это вращение выполнено в соответствии с предложенными Терстоуном критериями положительного многообразия и простой структуры[6]. Первый предполагает вращение осей до положения, при котором исключаются все значимые отрицательные веса. Большинство психологов считают отрицательные факторные нагрузки логически несоответствующими параметрами способностей, так как такая нагрузка означает, что чем выше оценка индивидуума по специфическому фактору, тем ниже будет его результат по соответствующему тесту. Критерий простой структуры, в сущности, означает, что каждый тест должен иметь нагрузки по как можно меньшему числу факторов простой структуры, в сущности, означает, что каждый тест должен иметь нагрузки по как можно меньшему числу факторов.

Выполнение обоих критериев дает факторы, которые можно наиболее легко и однозначно интерпретировать. Если тест имеет высокую нагрузку по одному фактору и не имеет значимых на-



грузок по другим факторам, мы можем кое-что узнать о природе этого фактора, изучив содержание данного теста. Напротив, если тест имеет средние или низкие нагрузки по шести факторам, то он мало что скажет нам о природе любого из них. На рис. 2 хорошо видно, что после вращения осей координат все информационно-методические параметры (1–5) располагаются вдоль или очень близко к оси  $\Gamma'$ , а эргономические параметры (6–10) тесно группируются вокруг оси  $\Pi'$ . Новые факторные нагрузки, измеренные относительно повернутых осей, приведены в табл. 2.

Таблица 2. Факторная матрица после вращения

Параметр	Фактор $\Gamma'$	Фактор $\Pi'$
1. Адекватность программы подготовки	0,91	-0,06
2. Профессиональный отбор	0,75	0,02
3. Информационная нагрузка	0,80	0,00
4. Методическое обеспечение	0,39	-0,02
5. Техническое обеспечение	0,86	-0,04
6. Отображение информации.	-0,09	0,55
7. Компоновка рабочего места	0,07	0,64
8. Освещенность	0,18	0,68
9. Звукоизоляция	0,16	0,54
10. Мотивация	0,13	0,38

Факторные нагрузки в табл. 2 не имеют отрицательных значений, за исключением пренебрежительно малых величин, явно относимых к ошибкам выборки. Все информационно-методические параметры имеют высокие нагрузки по фактору  $\Gamma'$  и практически нулевые – по фактору  $\Pi'$ . Эргономические параметры и параметры внешней среды, имеют высокие нагрузки по фактору  $\Pi'$  и пренебрежимо низкие – по фактору  $\Gamma'$ . Т.о., вращение координатных осей существенно упростило идентификацию и смысловое

содержание обоих факторов, а также описание факторного состава каждого параметра. Проведенные исследования показывают, что наибольшее влияние на психологическую устойчивость эксперта-аналитика имеют параметры 6–10, а на его профессиональные качества - параметры 1–5.

### **Выводы**

Таким образом, с помощью методов факторного анализа можно выделить группы параметров, оказывающие наибольшее влияние на тот или иной фактор. На практике число факторов часто оказывается больше двух, что, разумеется, усложняет их геометрическое представление и статистический анализ, но не изменяет существа рассмотренной процедуры.

### **Список использованных источников**

1. Е.Ю.Мелкумян С.А.Стенин Построение обучающей процедуры и определение условий обученности эксперта аналитической лаборатории. Міжвідомчий науково-технічний збірник. Системні технології, – Дніпропетровськ, 2012. – №1(78) – С.178-182.
2. Шибанов Г.П. Количественная оценка деятельности человека в системах “человек-техника” / Г.П. Шибанов.— М.: Машиностроение,1983. – 224 с.
3. Бодров В.А., Орлов В.Я . Психология и надежность: человек в системах управления техникой. – М.: Изд-во “Институт психологии РАН”, 1998. – 288 с.
4. Иберла К. Факторный анализ. – М.: Статистика, 1980. – 398 с.
5. Ермолаев О.Ю. Математическая статистика для психологов: Учебник. – 3-е изд., испр. – М.: Московский психолого-социальный институт: Флинта, 2004. – 336 с.
6. Гусев А.Н., Измайлов Ч.А., Михалевская М.Б. Измерение в психологии.- М.: Смысл. 1987. – 281 с.

Отримано 09.04.2015 р.