

**Факторный анализ в моделировании повседневной деятельности вуза**

А.Е. МОРОЗОВ

*В статье рассматриваются возможности использования методологии факторного анализа для моделирования повседневной деятельности вуза. Показывается, что факторный подход позволяет выявить неявные связи между исследуемыми параметрами, обобщить и упростить структуру модели, повысить качество принимаемых управленческих решений.*

Повседневная деятельность высших учебных заведений (вузов) характерна тем, что зачастую, при ее исследовании мы сталкиваемся с отсутствием четкой функциональной связи между причиной и следствием. Имеющие место закономерности, позволяющие повысить качество функционирования вуза, можно обнаружить лишь путем статистической проверки результатов многих наблюдений, принимая или отклоняя определенные гипотезы.

Процедура статистической проверки начинается с формулировки двух гипотез – нулевой и альтернативной. Затем на основании анализа выборки производится проверка нулевой гипотезы относительно альтернативной с помощью соответствующего критерия. Имеется большой набор критериев значимости, с помощью которых осуществляется проверка различных гипотез. Выполнив процедуру проверки статистических гипотез, исследователь приходит к выводу о возможности принятия определенной модели. Для этой процедуры важно, на основании каких соображений исследователь определяет вид модели, описывающей данное явление.

В то время как статистическую проверку гипотез можно рассматривать в качестве попытки систематизировать процедуру принятия решений на фоне варьирующих наблюдений, статистическое оценивание можно считать попыткой систематизировать интуицию лица, принимающего решения. При статистическом оценивании в предположении определенной математической модели речь идет о том, чтобы по возможности точно определить истинное значение параметра генеральной совокупности, исходя из выборочных наблюдений. Если соблюдены предпосылки выборочного метода и принята определенная модель, то можно построить доверительные границы, определяя интервал, который, например, в 99 из 100 случаев покрывает истинное значение параметра генеральной совокупности.

Данный подход представляется недостаточно надежным в связи с тем, что весьма сложно в процессе управления вузом опираться лишь на интуицию. В попытке систематизировать интуицию, шаг вперед по сравнению с методом статистического оценивания представляет факторный анализ (Factor Analysis) [1]. Факторный анализ является методикой, которая в определенном смысле сама является источником возникновения гипотез. Эти гипотезы имеют специфический характер. Мы исходим из того, что несколько измеряемых переменных сильно коррелируют между собой. Это означает, что они либо взаимно определяют друг друга, либо связь между этими переменными обуславливается какой-то третьей величиной, которую непосредственно измерить нельзя. Модель факторного анализа всегда связана с последним предположением, т.е. измеряемые величины являются лишь формой проявления величины, остающейся на заднем плане и не поддающейся непосредственному измерению. Это предположение при исследовании различных аспектов повсе-

дневной деятельности вуза вполне реально. Возникает задача определения по данным переменным величины, так называемого фактора, который объяснил бы наблюдаемые связи. Слово фактор используется в другом смысле, чем это принято обычно: речь идет о математической величине, получаемой на основе наблюдений.

Основная цель факторного анализа состоит в выявлении гипотетических величин, или факторов, по большому числу данных, полученных в ходе мониторинга повседневной деятельности вуза. Факторы должны быть по возможности простыми и достаточно точно описывать и объяснять наблюдаемые величины. Таким образом, факторный анализ является методом, упорядочивающим кажущуюся хаотичность изучаемого явления и генерирующим новые гипотезы. Число выделяемых факторов должно быть значительно меньше набора исходных величин, структура этих факторов и их взаимосвязь должны быть более простыми.

Наибольший интерес при анализе повседневной деятельности вуза представляет то, что факторный анализ делает возможным выдвижение дифференцированных гипотез о структуре взаимосвязи переменных и факторов, не задаваясь этой структурой заранее и не имея о ней никаких сведений. Эта структура находится по результатам наблюдений. Полученные модели могут быть проверены и уточнены в ходе дальнейшего мониторинга повседневной деятельности вуза.

Таким образом, становится понятным, что задачей факторного анализа является нахождение простой структуры, которая бы достаточно точно отражала и воспроизводила реальные, существующие в повседневной деятельности вуза зависимости. При этом на реализацию принципа простой структуры оказывают сильное влияние вид и количество отобранных для анализа данных. Односторонний подход к отбору переменных неизбежно приведет к таким факторам, которые не будут адекватно интерпретироваться применительно к повседневной деятельности вуза. Нельзя надеяться на то, что хаотически собранные данные, подвергнутые факторному анализу по имеющейся стандартной программе, дадут осмысленные результаты.

Теоретические положения факторного анализа относительно трудны для восприятия. Практическое осуществление факторного анализа предполагает применение ЭВМ для обработки данных. Метод не имеет однозначного математического решения, для получения такового на некоторых этапах используются различные вспомогательные приемы. Из-за этой неопределенности факторного анализа некоторые исследователи ставят под сомнение его полезность как орудия научного познания действительности. Сторонники факторного анализа объясняют встречающиеся в методе противоречия [2, 3]. Как в любой прикладной науке, здесь следует обращать внимание на различие между математической моделью и реальным содержанием изучаемого явления.

При исследовании повседневной деятельности вуза с целью повышения качества его функционирования применение факторного анализа особенно эффективно потому, что в этой области невозможно манипулировать наблюдаемыми переменными. Исследование этого вида деятельности нельзя проводить классическим способом, поддерживая на одном и том же уровне определенные величины или вводя различные ограничения. Однако, наблюдая одни и те же параметры повседневной деятельности вуза в различные моменты времени, мы получим необходимую вариацию переменных. Корреляция различных признаков в течение определенного промежутка времени дает возможность после точного анализа делать выводы, аналогичные результатам классических экспериментов.

В терминах случайных величин – результатов наблюдений  $U_1, \dots, U_m$  общей моделью факторного анализа служит следующая линейная модель:

$$y_i = \sum_{j=1}^k a_{ij} \cdot f_j + b_i \cdot u_i + \varepsilon_i, \quad i = 1, \dots, m, \quad (1)$$

где случайные величины  $f_j$  – общие факторы; случайные величины  $u_i$  – факторы, специфические для величин  $y_i$  и не коррелированные с  $f_j$ ;  $\varepsilon_i$  – случайные ошибки.

Предполагается, что  $k < m$  задано, случайные величины  $\varepsilon_i$  независимы между собой и с величинами  $f_j$  и  $u_i$ , математическое ожидание  $\varepsilon_i$  равно 0, а дисперсия  $\varepsilon_i$  равна  $\sigma_i^2$ .

Постоянные коэффициенты называются факторными нагрузками (нагрузка  $i$ -той переменной на  $j$ -тый фактор). Значения  $a_{ij}$ ,  $b_i$ ,  $\sigma_i^2$  считаются неизвестными параметрами, подлежащими оценке. В указанной форме модель факторного анализа отличается некоторой неопределенностью, так как  $m$  переменных выражаются здесь через  $n + k$  других переменных. Однако уравнения (1) заключают в себе гипотезу о корреляционной матрице, которую можно проверить. Например, если факторы  $f_j$  не коррелированы и  $c_{ij}$  – элементы матрицы корреляций между величинами  $y_i$ , то из уравнения (1) следует выражение для  $c_{ij}$  через факторные нагрузки и дисперсии ошибок:

$$c_{ij} = \sum_{l=1}^k a_{il} a_{jl}, \quad (2)$$

$$c_{ii} = \sum_{l=1}^k a_{il}^2 + \sigma_i^2. \quad (3)$$

Таким образом, общая модель факторного анализа равносильна гипотезе о том, что корреляционная матрица представляется в виде суммы матрицы  $A = \{a_{ij}\}$  и диагональной матрицы  $\Lambda$  с элементами  $\sigma_i^2$ .

Процедура оценивания в факторном анализе состоит из двух этапов: оценки факторной структуры – числа факторов, необходимого для объяснения корреляционной связи между величинами  $y_i$  и факторной нагрузки, а затем оценки самих факторов по результатам наблюдений. Принципиальные трудности при интерпретации набора факторов состоят в том, что при  $k > 1$  ни факторные нагрузки, ни сами факторы не определяются однозначно, так как в уравнении (1) факторы  $f_j$  могут быть заменены любым ортогональным преобразованием. Это свойство модели используется в целях преобразования (вращения) факторов, которое выбирается так, чтобы наблюдаемые величины имели максимально возможные нагрузки на один фактор и минимальные нагрузки на остальные факторы. Существуют различные практические способы оценки факторных нагрузок, имеющие смысл в предположении, что  $y_1, \dots, y_m$  подчиняются многомерному нормальному распределению с корреляционной матрицей  $C = \{c_{ij}\}$ .

Далее, выделенные факторы интерпретируются как те или иные управляющие воздействия руководителей различных степеней, внешние воздействия, внутренние неформальные воздействия. Зная численные значения этих факторов и динамику их изменения во времени, руководитель имеет возможность повысить качество принимаемых управленческих решений, что в свою очередь ведет к повышению качества функционирования вуза в целом и отдельных его подразделений.

#### Список литературы

1. Иберла К. Факторный анализ / Пер. с нем. – М.: Статистика, 1980. – 398 с.
2. Справочник по прикладной статистике. В 2-х т. Пер. с англ. / Под ред. Э. Ллойда, У. Ледермана, Ю.Н. Тюрина. – М.: Финансы и статистика, 1989.

3. Браверман Э.М., Мучник И.Б. Структурные методы обработки эмпирических данных. – М.: Наука, 1983. – 464 с.

---

Сведения об авторе

Морозов Андрей Евгеньевич – преподаватель Учебного подразделения Московского авиационного института (технического университета) в г. Серпухов.