

Померанец В.Н.

УДК 330.1

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ В ВЫБОРЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ РАЗЛИЧНЫХ МОДЕЛЕЙ

Любая деятельность человека состоит в решении постоянно и последовательно возникающих проблем (мелких и масштабных, легких и трудных, очень непохожих и т.д.), требующих использования научных и практических сведений из самых разнообразных областей знания. Понятие проблемы в системном анализе - шире, чем понятие задачи, и состоит обычно из ряда взаимосвязанных задач.

Системный анализ - совокупность понятий, методов, процедур и технологий для изучения, описания, реализации явлений и процессов различной природы и характера междисциплинарных проблем; это совокупность общих законов, методов, приемов исследования таких систем.

Для решения конкретной проблемы нужны специальные, иногда очень глубокие профессиональные знания. Но если обратить внимание не на содержательную специфику данной проблемы, а на *технологию* работы с нею, на последовательность действий и предосторожностей, то оказывается, что *вероятность успеха повышается*, если следовать одним и тем же советам, независимо от природы проблемы. Тогда возможно создать некий универсальный алгоритм по решению проблем, пригодный к применению в *любой профессии*.

Системный анализ выполняется самими участниками проблемной ситуации. Аналитик знает технологию, т.е. какие вопросы, и в каком порядке задавать, а ответы на них знают вовлеченные в ситуацию субъекты.

Строго говоря, различают три ветви науки, изучающей системы:

1. системологию (теорию систем) которая изучает теоретические аспекты и использует теоретические методы (теорию информации, теорию вероятностей, теорию игр и др.);

2. системный анализ (методология, теория и практика исследования систем), исследует методологические, а часто и практические аспекты и использует практические методы (математическую статистику, исследование операций, программирование и др.);

3. системотехнику, системотехнологию (практику и технологию проектирования и исследования систем).

Необходимые атрибуты системного анализа как научного знания:

- наличие предметной сферы - системы и системные процедуры;
- выявление, систематизация, описание общих свойств и атрибутов систем;
- выявление и описание закономерностей и инвариантов в этих системах;
- актуализация закономерностей для изучения систем, их поведения и связей с окружающей средой;
- накопление, хранение, актуализация знаний о системах (коммуникативная функция).

Системный анализ базируется на ряде общих принципов, среди которых:

1. принцип дедуктивной последовательности - последовательного рассмотрения системы по этапам: от окружения и связей с целым до связей частей целого (см. подробнее ниже -этапы системного анализа);

2. принцип интегрированного рассмотрения - каждая система должна быть неразъемная, как целое, даже при рассмотрении лишь отдельных подсистем системы;

3. принцип согласования ресурсов и целей рассмотрения, актуализации системы;

4. принцип бесконфликтности - отсутствия конфликтов между частями целого, приводящих к конфликту целей целого и части.

В разработке алгоритмических моделей любой отрасли знаний необходимо пройти (в указанном порядке) следующие **этапы системного анализа**:

1. Обнаружение проблемы (задачи).
2. Оценка актуальности проблемы.
3. Формулировка целей, их приоритетов и проблем исследования.
4. Определение и уточнение ресурсов исследования.
5. Выделение системы (из окружающей среды) с помощью ресурсов.
6. Описание подсистем (вскрытие их структуры), их целостности (связей), элементов (вскрытие структуры системы), анализ взаимосвязей подсистем.
7. Построение (описание, формализация) структуры системы.
8. Установление (описание, формализация) функций системы и ее подсистем.
9. Согласование целей системы с целями подсистем.
10. Анализ (испытание) целостности системы.
11. Анализ и оценка эмерджентности системы.
12. Испытание, верификация системы (системной модели), ее функционирования.
13. Анализ обратных связей в результате испытаний системы.
14. Уточнение, корректировка результатов предыдущих пунктов.

Для решения любой проблемы необходимо использовать знания, часто глубоко профессиональные. Это создало стойкое впечатление, что хотя проблемы есть у всех, но **проблемы врача** сильно отличаются от **проблем инженера, проблемы естествоиспытателя** далеко не те же, что **проблемы военачальника**, и т.д. и т.п. На первый план вышла специфика проблем. Поэтому накопление и обобщение опыта решения

проблем началось в рамках каждой профессии отдельно. Сначала у военных, а затем у экономистов возникло "Исследование операций", у медиков - "Общая патология человека" и "Искусство диагностики". У инженеров возникли - "Системотехника" и "Методы инженерного творчества", у обществоведов - "Политология", "Футурология", "Конфликтология", у менеджеров – "Системный подход", "Программно-целевое управление", и этот список можно продолжить.

Если обратить внимание не на содержательную специфику данной проблемы, а *на технологию работы с нею*, на последовательность действий и предосторожностей, то оказывается, что вероятность успеха повышается, если следовать одним и тем же советам, независимо от природы проблемы.

Ниже рассмотрена одна из математических моделей системного анализа, реализованного автором еще в докторской диссертации [1].

Деятельность каждого предприятия, характеризуется определенной системой факторов (параметров), изучение которых является основой для анализа хозяйственной деятельности предприятия. Каждый экономический показатель характеризует, какую либо одну сторону деятельности предприятия, но все показатели в едином хозяйственном механизме взаимосвязаны. Поэтому при планировании производственно-хозяйственной деятельности предприятий важно обеспечить согласованность показателей различных сторон хозяйственной деятельности, т.к. любая неувязка отрицательно скажется на конечных итогах работы предприятия. Аналогично деятельность государства или региона характеризуется также определенной системой экономических показателей (параметров), изучение которых является основой для анализа и прогнозирования его деятельности.

Значительную помощь в ситуациях со многими параметрами может оказать установление статистических связей между ними с помощью корреляционного анализа и теории графов. Суть этого приема заключается в определении коэффициентов парной корреляции между каждыми двумя параметрами на основании имеющихся экспериментальных данных. При наличии высокой корреляции между параметрами любой из них можно исключить из рассмотрения (если он не содержит какой-либо дополнительной информации об объекте исследования) кроме полученной информации с помощью другого. Исключать, естественно, надо те параметры, которые методически труднее определять экспериментально или технико-экономический смысл которых менее ясен.

Во многих исследованиях первый шаг анализа состоит в вычислении корреляционной матрицы всех переменных и проверке значимых (ожидаемых и неожиданных) корреляций. После определения линейности зависимостей переходим к исследованию связей между различными параметрами деятельности предприятия с помощью корреляционного анализа и теории графов.

Суть метода заключается в определении коэффициентов парной корреляции и в дальнейшем – установлении (с помощью теории графов) наиболее общих параметров (наиболее связанных с остальными) из рассматриваемой группы

Коэффициент парной корреляции между случайными факторами имеет вид:

$$r_{y_1 y_2} = \frac{\sum_{u=1}^N (y_{1u} - y_{c1})(y_{2u} - y_{c2})}{\sqrt{\sum_{u=1}^N (y_{1u} - y_{c1})^2 (y_{2u} - y_{c2})^2}}, \quad (1)$$

где: y_1, y_2 - наблюдаемые факторы;

N - число наблюдений;

u - номер наблюдения;

$$y_{c1} = \frac{\sum_{u=1}^N y_{1u}}{N}; \quad y_{c2} = \frac{\sum_{u=1}^N y_{2u}}{N}. \quad (2)$$

Линейная связь считается статистически значимой в случае, если $r_{расч} / \geq r_{кр}$.

Решение экспериментальной задачи оказывается тем более эффективным, чем более определенно задача поставлена. Основной целью при этом является выбор зависимых и независимых переменных. Значительную помощь в ситуации со многими параметрами деятельности предприятия может оказать установление статистических связей между ними с помощью *теории графов* [5].

В теории графов известно решение так называемой задачи о «лидере». По терминологии теории графов, «влиятельность» вершины графа определяется числом выходящих из неё ребер. Вершина характеризуется и «могущественностью», которая определяется тем, насколько влиятельны другие вершины, связанные ребрами с данной.

Рассмотрим процесс анализа некоторого графа. С этой целью в качестве матрицы смежности используем матрицу коэффициентов корреляции деятельности некоторой фирмы, государства, или региона. При этом коэффициенты корреляции будем брать по абсолютной величине, поскольку знак коэффициента корреляции роли не играет, он определяет лишь направление связи.

Обозначим общий элемент матрицы смежности корреляционных коэффициентов через

$$P_i^i(k),$$

т.е. число путей длины k , идущих из i – той вершины в l – ю, и положим

$$P^i(k) = P_1^i(k) + P_2^i(k) + \dots + P_l^i(k), \quad (1)$$

где l – число вершин графа.

Число $P^i(k)$ назовем итерированной силой порядка k i - й вершины.

Итерированная сила порядка 1 $P^i(1)$ получается сложением элементов матрицы смежности по строкам:

$$\begin{aligned} P^1(1) &= r_{11} + r_{12} + r_{13} + \dots + r_{1l}; \\ P^2(1) &= r_{21} + r_{22} + r_{23} + \dots + r_{2l}; \\ &\dots\dots\dots \\ P^l(1) &= r_{l1} + r_{l2} + r_{l3} + \dots + r_{ll}. \end{aligned} \quad (2)$$

При этом при подсчете итерированной силы учитываем только статистически значимые коэффициенты корреляции.

Силу порядка 2 $P^i(2)$ рассчитываем по формулам:

$$\begin{aligned} P^1(2) &= r_{11}P^1(1) + r_{12}P^2(1) + r_{13}P^3(1) + \dots + r_{1l}P^l(1); \\ P^2(2) &= r_{21}P^1(1) + r_{22}P^2(1) + r_{23}P^3(1) + \dots + r_{2l}P^l(1); \\ &\dots\dots\dots \\ P^l(2) &= r_{l1}P^1(1) + r_{l2}P^2(1) + r_{l3}P^3(1) + \dots + r_{ll}P^l(1). \end{aligned} \quad (3)$$

или порядка 3 $P^i(3)$ рассчитываем по формулам:

$$\begin{aligned} P^1(3) &= r_{11}P^1(2) + r_{12}P^2(2) + r_{13}P^3(2) + \dots + r_{1l}P^l(2); \\ P^2(3) &= r_{21}P^1(2) + r_{22}P^2(2) + r_{23}P^3(2) + \dots + r_{2l}P^l(2); \\ &\dots\dots\dots \\ P^l(3) &= r_{l1}P^1(2) + r_{l2}P^2(2) + r_{l3}P^3(2) + \dots + r_{ll}P^l(2). \end{aligned} \quad (4)$$

Число проводимых аналогично итераций растет до тех пор, пока не стабилизируется распределение мест между параметрами. В итоге устанавливается порядок параметров по их «могуществвенности», т.е. по уровню связности с другими параметрами.

Это позволяет выделить из всего многообразия факторов, воздействующих на деятельность фирмы самые важные (рис.1). Следует отметить, что данный метод не заменяет все достоинства прикладной эконометрики. Однако он предвдваряет математические операции последнего, т.к. позволяет еще на начальном этапе из всего множества факторов определить главенствующий, он то и является изучаемой функцией. Остальные параметры (факторы) являются аргументами.

Реализация этого алгоритма позволила автору еще в докторской диссертации решить вопросы технико-экономической деятельности Управления оросительных систем и облводхоза Крыма, связанные с ремонтом и обслуживанием систем. Решенная задача позволила установить оптимальный срок работы элементов водоводов, при котором затраты на единицу времени эксплуатации были минимизированы [1].

Следует отметить, что ряд работ [2-6], выполненных автором в экономике также свидетельствуют о положительном опыте применения системного анализа. Можно полагать, что примененеие системного анализа, в физике, математике, химии, психологии, медицине также будет положительным. Отметим еще особенность **прикладного системного анализа**:

- он нацелен не на отыскание общих закономерностей, а на решение конкретной проблемы с ее уникальной спецификой;
- для решения проблемы могут понадобиться знания из любой профессии, поэтому прикладной системный анализ имеет универсальный, **наддисциплинарный и междисциплинарный** характер;
- для решения проблем реальной жизни необходим некий сплав науки, искусства и ремесла;
- системный анализ выполняется не системным аналитиком, а самими участниками проблемной ситуации. Аналитик знает технологию, т.е. какие вопросы, и в каком порядке задавать, а ответы на них знают только сами вовлечённые в ситуацию субъекты.

В заключение можно отметить, что эта область знаний уже стала профессией:

- в ряде университетов мира готовят системных аналитиков;
- в Вене давно существует Международный институт прикладного системного анализа, работающего над глобальными и межнациональными проблемами;
- существуют десятки фирм, принимающих заказы на решение любых проблем от любых клиентов;
- многие вузы курс системного анализа уже включают или включили в учебные планы разных факультетов, как физико-математических так и “естественных” и гуманитарных.

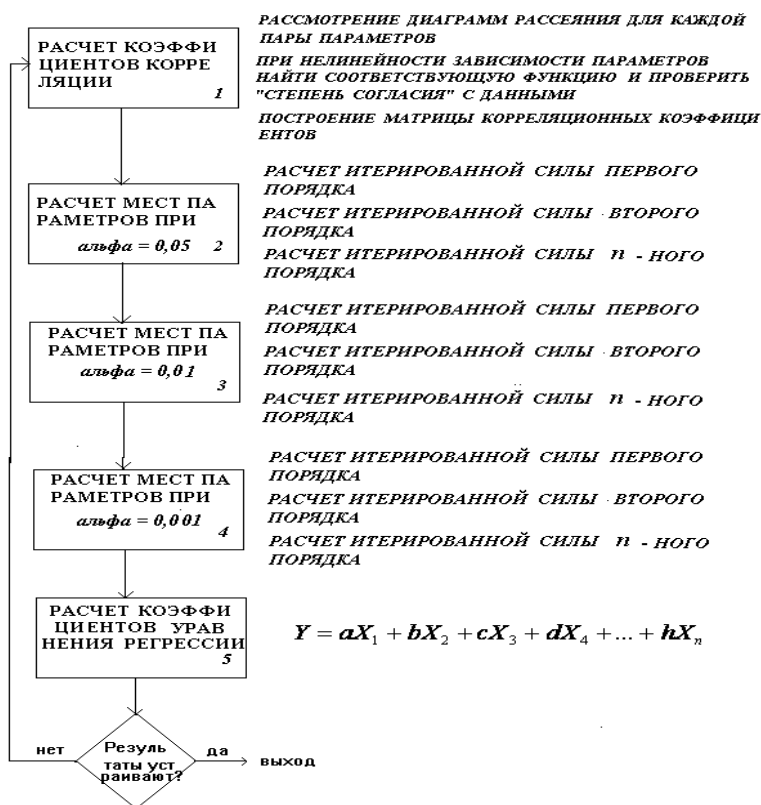


Рис. 1. Блок-схема алгоритма экономического анализа.

Источники и литература:

1. Померанец В. Н. Основы проектирования и эксплуатации водоводов на базе системного анализа : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : спец. 05.23.07-Гидротехническое и мелиоративное строительство / В. Н. Померанец; Всесоюзный НИИ Гидротехники и мелиорации (ВНИИГИМ, Москва), СФ ДИСИ. – Симферополь, 1990.
2. Померанец В. Н. Системная парадигма в экономической теории / В. Н. Померанец // Культура народов Причерноморья. – 2002. – № 36. – С. 42-45.
3. Померанец В. Н. Рыночные стратегии Украины с позиции системного подхода / В. Н. Померанец // Формирование рыночных отношений в Украине: некоторые вопросы теории и практики : монография / В. Н. Померанец; ТНУ. – Симферополь : Таврия, 2004. – С. 206-226.
4. Померанец В. Н. Системный анализ в моделях экономики / В. Н. Померанец // ОО “Распространение достижений экономической науки “ДЭН”. ТНУ им.В.И.Вернадского. IV Международная школа-симпозиум(АМУР-2010), Севастополь, 13-19 сентября 2010г. – Севастополь, 2010. – С. 295-306.
5. Свідоцтво № 35854 про реєстрацію авторського права на Практичний посібник “Моделювання економіки” / В. Н. Померанец; Міністерство освіти і науки України; Державний департамент інтелектуальної власності; ТНУ (науковий відділ); 29.11.2010.
6. Свідоцтво № 39547 про реєстрацію авторського права на науковий твір “Учебное пособие по дисциплине “Дискретный анализ” / В. Н. Померанец; Міністерство освіти і науки України; Державний департамент інтелектуальної власності; ТНУ науковий відділ); 09.08.2011.
7. Свідоцтво № 40162 про реєстрацію авторського права на комп’ютерну програму “Методика оцінки діяльності фірми” / В. Н. Померанец, В. В. Іллічів; Міністерство освіти і науки України; Державний департамент інтелектуальної власності; ТНУ (науковий відділ); 15.09.2011.