

# Многокритериальная оценка качества моделей: проблемы и решения

Ю. В. Фомина

Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации (Финуниверситет), Financial University  
ngl-fomina@mail.ru

**Аннотация.** в сегодняшних реалиях, к сожалению, проблема многокритериальной оценки качества среди математических и любых других моделей, оценки состояния и упрощения различных классов моделей, выбора моделей с целью решения конкретных практических задач остаётся мало исследованной. Данная проблема становится ещё актуальнее в случае, когда подвергающийся исследованию объект описывается не одной моделью, а целым полимодельным комплексом, частями которого, в свою очередь, являются разные по составу и комбинированные модели.

**Ключевые слова:** модели; комплекс; моделирование; неопределенность; управление

Технологические процессы, происходящие в современном обществе, требуют высоких показателей эффективности систем управления.

Управление-это совокупность действий, направленных на достижение системой конкретных целей и задач. Отсутствие гарантий надежности управления системами приводит к ухудшению потребительских свойств и производительности. Поэтому возникает такая проблема управления сложными системами в условиях неопределенности, как обеспечение стабильности показателей качества. В общей проблематике управления системами, управление в условиях неопределенности занимает важное место. Необходимо знать особенности управления сложных систем и методы, которые смогут решить проблемы в данных условиях.

## I. ЭЛЕМЕНТЫ ОБЩЕЙ ТЕОРИИ СИСТЕМ

Общего понятия системы нет, но под ней принято понимать совокупность взаимодействующих элементов, обладающих определенной целостностью.

Направленность присуща только тем системам, которые создает человек, т.к. он определяет их цель. Человек соединяет существующие элементы для того, чтобы полученная система смогла достичь поставленных задач. Свойство, которое возникает из этого процесса называется эмерджентность. Соединение эмерджентных систем – агрегирование, а обратная операция (выделение агрегатов) – дезагрегирование.

Агрегирование и декомпозиция в совокупности составляют системный анализ. Анализ представляет собой разделение системы на части, поэтому восстановление системы происходит при выполнении обратной операции-синтезе.

Невозможно дать точный ответ на вопрос о существовании общей теории систем. Всё множество элементов системы называется предметной областью и в каждой предметной области связи между элементами и их взаимодействие существенно различаются. Но на языке алгебры, несмотря на различие таких областей, возможно единое описание систем.

Как уже было сказано, объекты внутри каждой предметной области вступают во взаимодействие друг с другом, поэтому необходимо множество описаний системы в разных отношениях.

Понятие конфигураций – это множество невязаных друг с другом описаний системы.

Например, вычислительная система может иметь описания:

М – математическое, Ф – функциональное, А – алгоритмическое, С – структурное, К – конструкторское, Д – дизайнерское, или эргономическое, Э – эксплуатационное. Все это множество описаний можно представить как множество  $K = \{И Ф, А, С, К, Э, Т, \dots\}$ , или в общем случае  $K = \{K_i | i = 1 \dots n\}$ .

Следует сделать вывод о том, что полное изучение системы требует привлечения дополнительных знаний и специалистов. Экономическая система – это совокупность элементов, направленных на преобразование природных ресурсов в блага, а информация – это совокупность полученных сведений о явлениях и событиях, происходящих в окружающем мире. Информация определяет вид знаний: научных, общественных, экономических, правовых и т.д., и обладает следующими свойствами: возникает-выступает в качестве источника, принимается кем-либо, передается, видоизменяется, храниться.

Место хранения информации называется носителем. То, что отражает информация – данными. Информация отображает работу любых систем. Экономическая информация позволяет сделать выводы о всей работе предприятия, определить главные проблемы и пути их решения. Поэтому необходимо наличие автоматизированных информационных технологий.

АИТ – набор технических и программных средств, с помощью которых происходит преобразование входной информации в выходную.

## II. УПРАВЛЕНИЕ СИСТЕМАМИ

Управление обеспечивает поведение системы при изменении внешних условий, которые на нее влияют.



Рис. 1. Система со стороны управления предприятием

На рис. 1 изображена система со стороны управления предприятием. Система обязательно должна иметь главный орган управления, который координирует функционирование всей системы. В системе управления важную роль играет обратная связь между ОУ (объектом управления) и выходом и входом системы.

Реализация управления происходит через следующие функции, которые выполняются с определённой последовательностью:

- планирование процесса управления и функционирования системы;
- учёт результатов деятельности системы;
- контроль: сравнение результатов с планируемыми;
- анализ значений контроля: выявление отклонений;
- принятие решения по дальнейшему управлению системой.

Итак, данный процесс характеризуется выполнением пяти вышеперечисленных функций.

Существуют подсистемы управления, которые реализуют функции управления в других измерениях.

На рис. 2 представлены виды возможных подсистем.

Плановая	Управление делопроизводством	Управление маркетингом
Экономическая	Юридическая	Управление кадрами
Финансовая	Управление производством	Хозяйственное управление

Рис. 2. Виды подсистем

## III. СЛОЖНЫЕ СИСТЕМЫ И СИНЕРГЕТИКА

Долгое время рассматривались хоть и большие, но простые системы, в которых каждый элемент существовал независимо от других. Если зависимость элементов была, то она состояла в конкуренции за ресурсы.

Сложными же системами называют те системы, элементы которых не просто взаимодействуют, а поведение одних элементов отражается на состоянии других. Их совместная деятельность определяет поведение системы. Наука, изучающая сложные системы, называется синергетика.

Особенности сложных систем:

1. Нелинейность моделей.
2. Самоорганизация: рождение порядка из хаоса.
3. Аттрактор: состояние системы, при котором она не может обойтись без внешней «подпитки».

## IV. УПРАВЛЕНИЕ СИСТЕМАМИ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Для начала необходимо рассмотреть источники возникновения условий неопределенности. Классификация факторов неопределенности представлена на рис. 3.

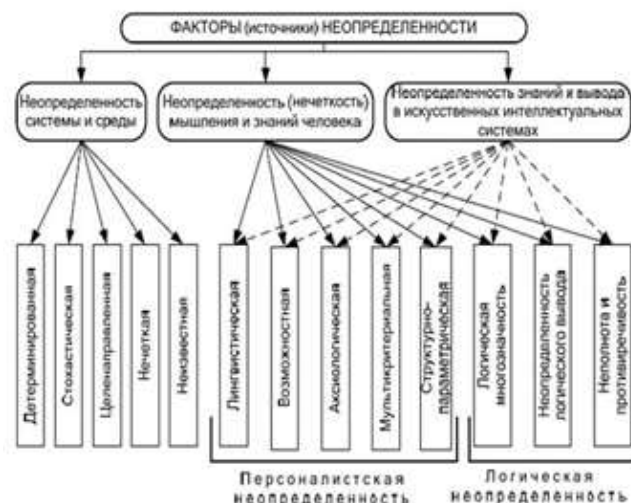


Рис. 3. Факторы неопределенности

Выделим особенности оценки систем в условиях неопределенности:

1. Наличие в системе ЛПР (лицо, принимающее решения), как элемента системы
2. Последовательность управления составляет сама система
3. На данном этапе оценки ситуации исходят из субъективной модели ЛПР.
4. В процессе принятия решений классические математические методы не поддаются логике ЛПР.

5. ЛПР может в своей деятельности опираться на нечеткие понятия и формулировки.
6. Во многих задачах управление сложными системами отсутствуют объективные критерии оценивания достигнутых целей.

#### V. ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

В данном разделе необходимо обозначить различия между стохастическими факторами (т.е. с элементами случайности), которые приводят к принятию решений в условиях риска и неопределенными факторами, которые естественно приводят к принятию решений в условиях неопределенности. В отличие от стохастических факторов, у неопределенных нет такой информации, которая могла бы помочь в выборе лучшего решения.

Неопределенность может быть вызвана 2 условиями.

#### VI. ПРОТИВОДЕЙСТВИЕ РАЗУМНОГО ПРОТИВНИКА (ТЕОРИЯ ИГР)

Рассмотрим подробнее принципы принятия решений при минимальной осведомленности об условиях, в которых они осуществляются. Такая ситуация называется – «игры с природой».

Сформулируем задачу принятия решения. Допустим, лицо, принимающее решение, может выбрать только один из всех вариантов решений:  $x_1, x_2, \dots, x_m$

Об условиях можно сделать  $n$  предположений:  $y_1, y_2, \dots, y_n$ . Оценки каждого варианта решения в каждом условии  $(x_i, y_j)$  известны и заданы в виде матрицы выигрышей лица, принимающего решения:  $A = \|a_{ij}\|$ . Допустим доопытная информация о вероятности возникновения какого-либо условия ( $y_i$ ) отсутствует.

В таком случае, теория статических решений предлагает на выбор критерии выбора оптимального решения. Выбор того или иного критерия не зависит не от каких правил и стандартов, он осуществляется исключительно лицом, которое принимает решение, субъективно.

Рассмотрим некоторые из данных критериев.

##### 1. Критерий среднего выигрыша.

В этом критерии необходимо знать вероятности обстановки  $P_i$ . Эффективность системы: среднее ожидаемое значение оценок по всем состояниям системы.

Оптимальной системой будет являться та система, эффективность которой будет соответствовать:

$$K^{\text{опт}} = \max_i \sum_{j=1}^n P_j k_{ij}, i = \overline{1, m}$$

##### 2. Критерий минимакса.

$$K(a_i) = \max_j \Delta k_{ij}$$

$$K^{\text{опт}} = \min_i (\max_j \Delta k_{ij})$$

##### 3. Критерий максимакса.

Этот критерий оценивает системы по максимальному значению эффективности и выбирать следует решение с наибольшим максимумом:

$$K(a_i) = \max_i k_{ij}, i = \overline{1, m}, j = \overline{1, l}$$

$$K^{\text{опт}} = \max_i (\max_j \Delta k_{ij}), i = \overline{1, m}, j = \overline{1, l}$$

##### 4. Критерий Лапласа.

Последний критерий, который мы рассмотрим, будет критерий Лапласа. В этом критерии будем считать все вероятности возникновения условий равными, иными словами равновероятными, поэтому для каждой строки матрицы выигрышей мы должны посчитать среднее значение оценок.

Оптимальное решение соответствует:

$$\bar{F} = F(\bar{X}, Y) = \max_{1 \leq i \leq m} (1/n) \sum_{j=1}^n a_{ij}$$

Помимо классических можно выделить производные критерии.

1. Критерий Гурвица
2. Критерий Ходжа-Лемана
3. Критерий Гермейера
4. BL критерий
5. Критерий произведений

#### VII. НЕКОТОРЫЕ МЕТОДЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Именно в условиях неопределенности используются методы и теория тогда, когда отсутствует полная информация о ситуации, условиях, объекте, а принятие решения напрямую связано с риском принятия ошибочного решения.

Необходимо выделить особенности методов и теории, которые применяются в принятии решений, классификация которых следующая:

1. Известен ТОЛЬКО дискретный ряд оценок, при этом отсутствует какая-либо информация о полной характеристике вариантов и оценок. В этой ситуации используется «метод системных матриц».
2. Известны статистические или вероятностные характеристики. Необходимо минимизировать риск принятия неправильного решения с помощью методов минимизации риска.
3. Есть «графовые предпочтения». Нужно преобразовать граф при помощи метода комбинаторной аппроксимации.
4. Неопределенность в виде чисел. Применяем метод для исчисления нечетких чисел.

- 5. Неопределенность задана вероятностно или статистически. Метод проверки вероятностно-статистических гипотез.

### VIII. МЕТОД СИСТЕМНЫХ МАТРИЦ

Для того, чтобы начать работать с методом системных матриц необходимо понять, что представляет из себя матрица решений. Таблица, приведенная на рис. 4, описывает экспертные оценки в пространстве «варианты-условия».

Варианты	Условия				
$F_n$	$F_1$	$F_2$	...	$F_j$	...
$E_1$	$E_{11}$	$E_{12}$	...	$E_{1j}$	...
$E_2$	$E_{21}$	$E_{22}$	...	$E_{2j}$	...
...	...	...	...	...	...
$E_i$	$E_{i1}$	$E_{i2}$	...	$E_{ij}$	...
...	...	...	...	...	...
$E_m$	$E_{m1}$	$E_{m2}$	...	$E_{mj}$	...

Рис. 4. Системная матрица

Для того, чтобы принять решение в рамках метода системных матриц необходимо знать алгоритм обработки страниц. Матрица системных решений характеризует несколько возможных вариантов решений, поэтому необходимо сформулировать критерии выбора одного, наилучшего критерия. Такие критерии формулируются на основе оценочных функций вариантов.

Вариантам  $E_i$  соответствуют разные условия  $F_j$ , которым в свою очередь соответствует матрица оценок  $e_{ij}$ , такой вывод можно проверить с помощью рис. 4. Оценочная функция должна соответствовать каждому варианту  $E_i$ , т.е. должна характеризовать правило «свертки» по условиям  $F_j$ . После введения оценочной функции  $e_{ij}$  варианта  $E_i$ , все заключается в вышеуказанном критерии 1.

### IX. МИНИМАКСНЫЙ МЕТОД

Рассмотрим правило выбора решений в соответствии с данным методом. Матрица решений пополняется столбцом наименьших значений  $e_{ij}$ . А вот при принятии решения, нужно выбирать такие варианты, строки которых соответствуют максимальным значениям этого столбца. Данным метод хорош тем, что все выбранные варианты исключают риск, ведь они были выбраны на пессимистической основе, значит, исключили самые худшие варианты решения. Такой вариант считается одним из наиболее надежных и применяется очень часто.

Применение этого метода оправдано в следующих ситуациях:

- Внешние условия и возможность их появления неизвестны.
- Необходимость справляться с внешними условиями.

- Решение будет реализовано единожды.
- Жесткая необходимость исключения всякого риска.

Так же, стоит отметить распространенность метода Байеса-Лапласа, сущность которого заключается в использовании априорной информации о вероятностях появления внешних условий, и метод Сэвиджа, который заключается в предварительном преобразовании матрицы.

### X. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Управление – самое важное в деятельности всей системы. В ходе процесса осуществления управления происходит решение важных задач и реализация целей, стоящих перед системой. Рассмотренные методы, являются основой управления сложными системами.

Неопределенность систем распространенное явление в сфере управления, поэтому важно знать все особенности. Главной особенностью является увеличение риска принятия неверного решения, которое повлечет за собой потери различных ресурсов (экономических, трудовых, информационных, интеллектуальных и т.д.).

В завершении, стоит отметить особенности поведения руководителя, который принимает решения в условиях неопределенности. Есть два метода, которым может следовать руководитель. Метод адаптивных изменений заключается в компромиссе с подчиненными. Сущностью второго метода «аккордеона» является применение систем поощрений и наказаний.

Таким образом, управление сложных систем в условиях неопределенности, представляет собой широкий спектр проблем, которые необходимо решать в процессе управления, для достижения наилучшего результата, выборе лучшего решения. Нельзя не оценить значимость управления в данных условиях.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Андрианов Ю.М., Субетто А.И. Квалиметрия в приборостроении. Л.: Машиностроение, 1990. 201 с.
- [2] Ростовцев Ю.Г., Юсупов Р.М. Проблема обеспечения адекватности субъектно-объектного моделирования // Известия ВУЗов. Приборостроение. 1991. № 7. С.7–14.
- [3] Звягин Л.С. Метасистемный подход в решении современных управленческих задач в экономике // В сборнике: Системный анализ в экономике – 2016 Сборник трудов IV Международной научно-практической конференции – биеннале. Под редакцией Г.Б. Клейнера, С.Е. Щепетовой. 2016. С. 315-320.
- [4] Звягин Л.С. Системный анализ и моделирование управления инвестициями в условиях экономической турбулентности. М.: Финансовый университет, 2016. 82 с.
- [5] Юсупов Р.М., Иванищев В.В., Костельцев В.И., Суворов А.И. Принципы квалиметрии моделей // IV СПб Междунар. конф. «Региональная информатика-95»: тез. докладов. СПб.: 1995. С.90–91.