

«Теория принятия решений»

Тема 3. Оценка эффективности решений

Лекция. Основы теории эффективности

Цель: Изложить методологические основы теории эффективности.

Время - 2 часа

Учебные вопросы:

1. *Понятия теории эффективности*
2. *Цель, задачи и принципы оценки эффективности*
3. *Подходы к оценке эффективности*

1. Понятия теории эффективности

Принимая решение, управляющий объект (орган) определяет действия системы по достижению поставленной цели в операции. При разных решениях цель будет достигаться по-разному. Очевидно, что следует стремиться к тому, чтобы принимаемое решение позволяло достичь цели наилучшим образом. Следовательно, при наличии множества допустимых решений неизбежно требуется их сравнение и выбор. Чтобы сравнивать решения между собой и проводить обоснованный выбор лучшего, необходимо уметь определять для них количественные оценки. При количественном оценивании допустимо говорить, на сколько или во сколько раз одна оценка больше (меньше) другой.

Данная проблема решается в рамках теории эффективности. Теория эффективности – это научное направление, предметом изучения которого являются вопросы количественной оценки результатов функционирования сложных систем.

В общем случае оценка эффективности может проводиться для решений различных задач практики.

Во-первых, для оптимизации – выбора лучшего алгоритма из нескольких, реализующих один закон функционирования системы.

Во-вторых, для идентификации – определения системы, которая в наибольшей степени соответствует реальному объекту в заданных условиях.

В-третьих, для принятия решений по управлению системой.

Этот перечень можно продолжить.

Теория эффективности возникла в конце первой половины XX века и получила быстрое развитие. В настоящее время это самостоятельная научная дисциплина, имеющая разнообразные и многочисленные приложения. В теории эффективности изучается общее свойство систем - их **эффективность**.

Все искусственные системы создаются для реализации одной или нескольких операций. Каждая операция связывается с определенной целью как идеальным предвосхищением в нашем сознании того результата (эффекта) на достижение которого направлены действия системы. Система может иметь разную приспособленность к выполнению операции. Очевидно, требуемый и реально достигаемый системой результаты могут находиться в разной степени соответствия. Это соответствие и является тем общим свойством систем, которое получило название «эффективность».

Свойство эффективности проявляется только при функционировании систем. По существу это качество функционирования системы, поэтому правильней относить понятие эффективности не к самой системе, а к процессу ее функционирования, к выполняемой ею операции.

Так как достигаемый или ожидаемый результат (исход) операции определяется принятым решением, то можно говорить и об эффективности решения. Эффективность решения - это свойство решения соответствовать цели операции. Из всех

свойств, присущих решению, эффективность следует считать главным, дающим основание судить о качестве решения как такового.

В литературе термин «*эффективность*» связывается и с системой, и с операцией, и с решением. образуемые при этом понятия можно считать эквивалентными. В конечном счете, каждое из них отражает соответствие исхода операции поставленной цели.

Оценка эффективности является методологической основой всестороннего сравнения различных систем (вариантов) или решений на их построение и выбора лучшего для реализации.

Потребность в проведении подобной оценки возникает на всех стадиях жизненного цикла сложных организационно-технических систем, что обусловлено сложностью задач, возлагаемых на эти объекты, ответственностью решений, принимаемых при их разработке и применении, а также существенными затратами на создание и эксплуатацию. Проблема оценки эффективности решается в рамках *теории эффективности*, выступающей частью теории исследования операций.

Несмотря на длительный (около полувека) период развития теории эффективности, нет устоявшегося трактовки основополагающего термина - *эффективность*. В многочисленных работах, посвященных вопросам исследования сложных систем, эффективность связывается с такими понятиями как *система*, *цель*, *операция*, *свойство* и свидетельствует о *целенаправленном функционировании системы*, характеризует ее *способность достигать цель* реализуемой операции.

В дальнейшем под эффективностью будем понимать степень достижения системой цели реализуемой операции.

При проведении оценки эффективности и применении результатов этой оценки следует учитывать такие обстоятельства.

1. Не существует системы, наилучшей в независимом от ЛПР смысле. Система признается наилучшей только с точки зрения этого субъекта. Другое лицо в данных условиях может предпочесть другую систему.

2. Не существует наилучшей системы для всех целей, воздействий внешней среды и способа применения. Система может быть эффективной только для конкретной цели и в конкретных условиях. В других условиях и для других целей система может не быть эффективной.

Следует различать понятия «эффективность» и «качество», которые порой употребляют как синонимы.

Параметр	Качество	Эффективность
Сущность понятия	Совокупность существенных свойств системы, определяющих ее пригодность для использования по назначению	Комплексное операционное свойство процесса функционирования системы, характеризующее ее приспособленность к достижению цели операции
Область применения	Объекты любой природы	Целенаправленно функционирующие системы
Основная характеристика	Совокупность свойств системы, существенных для ее использования по назначению	Степень соответствия результатов операции ее цели
Фактор структурного анализа	Строение системы: состав и свойства основных частей, структура, организация	Алгоритмы функционирования, воздействия внешней среды

Количественная оценка осуществляется с помощью **критерия эффективности**, который служит мерой степени соответствия результатов функционирования системы цели операции. Слово «критерий» греческого происхождения («критерион», что в переводе на русский язык означает «средство для решения, мерило оценки»). Под критерием эффективности понимается характеристика (мера), которая выражает количественную эффективность каждого рассматриваемого решения и служит основой для выбора одного из них. Иными словами, критерий эффективности решений - это то, по чему сравниваются решения при выборе.

Так как эффективность решения отражает соответствие исхода операции поставленной цели, то критерий эффективности $U(x_i)$ должен прямо или косвенно выражаться через показатели исходов операции - быть некоторой функцией (функционалом) показателей исходов операции $\{r_k\}$, $k=1...n$

$$U(x_i) = \Omega (r_1, r_2, \dots, r_n), \quad i=1...m.$$

Математическое выражение критерия эффективности решений называют целевой функцией, поскольку ее экстремизация является отображением цели операции.

Отсюда следует, что для формирования критерия эффективности решений в операции прежде всего требуется определить поставленную цель. Затем нужно найти множество управляемых и неуправляемых параметров системы, реализующей операцию. Следующий шаг - определение показателей исходов операции. Только после этого возможны выбор и формирование критерия эффективности. Показатели (функции показателей) исходов операции, на основе которых формируется критерий эффективности, принято называть **показателями эффективности**. В отдельных операциях показатель исхода операции может прямо выступать критерием эффективности.

Критерии эффективности могут быть скалярными и векторными. По сравнению со скалярным векторный критерий позволяет более полно оценивать решения. Однако оценка и выбор решений при векторном критерии являются более сложными.

Выбор критерия эффективности - центральный и самый ответственный момент исследования операций. Считается, что лучше найти неоптимальное решение по правильно выбранному критерию, чем наоборот - оптимальное решение при неправильно выбранном критерии. Процесс выбора критерия эффективности, как и процесс определения цели, является в значительной мере субъективным, творческим, требующим в каждом случае индивидуального подхода. Наиболее сложен выбор критерия эффективности решений в операциях, реализуемых иерархическими системами.

2. Цель, задачи и принципы оценки эффективности

По своей сущности задача оценки эффективности относится к классу *задач анализа* и состоит в нахождении характеристик исследуемой системы в зависимости от ее структуры и параметров элементов.

Цель оценки эффективности состоит в создании научно-обоснованных рекомендаций, подтвержденных количественными характеристиками, для выработки организационно-технических решений на построение системы и управление ею при функционировании.

С помощью оценки эффективности решаются следующие **задачи**:

- определение требований к системе;
- прогнозирование основных характеристик разрабатываемой (функционирующей) системы;
- выбор рационального варианта системы (частных решений) при ее разработке и применении;
- определение степени соответствия системы предъявляемым требованиям;
- выявление "узких" мест в организации системы с целью ее модернизации.

Решение названных задач является неотъемлемой частью всех стадий жизненного цикла системы. На его ранних стадиях, связанных с исследованием потребности в создании новых объектов и их проектированием, в полной мере могут решаться большинство или все обозначенные задачи. С переходом к поздним стадиям, включающим изготовление, поставку, развертывание, применение по назначению, свертывание, доминирующую роль играют три последние задачи.

В основе оценки эффективности лежат следующие **принципы**, которыми должен руководствоваться исследователь во избежание получения необъективных результатов:

1) *системного подхода*, согласно которому оцениваемая система рассматривается как сложное образование, состоящее из разнообразных элементов, и в то же время как составная часть метасистемы, имеющая свою цель функционирования и находящаяся в развитии;

2) *единства методологии*, который устанавливает необходимость использования одних и тех же подходов и методов для сравнительной оценки как различных систем (вариантов системы), так и результатов функционирования одной системы в различные моменты времени;

3) *комплексного использования различных методов исследования* для оценки эффективности;

4) *интерпретируемости результатов оценки*, т.е. представления их в общепринятой форме или в терминах предметной области лица, принимающего решение.

3. Подходы к оценке эффективности

Оценка эффективности систем проводится *ретроспективно* или *прогностически*. В первом случае оцениваемая система существует в природе и известны результаты выполнения ею операции. Для перспективных систем оценка носит характер прогноза.

Эффективность системы может быть оценена на *эмпирическом* или *теоретическом* уровнях. При оценке на первом уровне основную роль играют знания, опыт и интуиция лица, проводящего оценку. При переходе ко второму уровню основу процессов оценки составляет применение разнообразного аппарата научных исследований.

При оценке эффективности систем на теоретическом уровне в настоящее время выделяют *два основных подхода*, называемых внешним и внутренним (объективным и субъективным). Их суть состоит в следующем.

При **внешнем** подходе исследуемая система (**S**) рассматривается как элемент метасистемы (**MS**), а ее эффективность оценивается через эффективность последней. При этом из двух вариантов системы **S** предпочтение отдается тому, при котором эффективность метасистемы **MS** выше, т.е. если $U(MS/S_1) > U(MS/S_2)$, то вариант **S**₁ предпочтительнее **S**₂, где $U(MS/S_i)$ - критерий эффективности метасистемы **MS** при условии, что принят вариант **S**_{*i*} (*i*=1,2).

Пример. Предлагаются два альтернативных варианта САУ. Для выбора наиболее эффективного, следует оценить результаты функционирования системы управления в условиях принятия каждого. Предпочтительным следует признать вариант, при реализации которого система управления достигнет лучших результатов.

Использование внешнего подхода предполагает последовательное решение задач, определяемых этапами оценки. Этими этапами являются:

1) определение критерия эффективности метасистемы;

2) разработка математической модели метасистемы, учитывающей в качестве параметров показатели, характеризующие процесс функционирования исследуемой системы;

3) разработка математических моделей для расчета названных показателей.

Несомненным достоинством внешнего подхода следует считать высокую степень объективности результатов оценки (что закреплено в одном из вариантов его названия) и доверия к ним со стороны лица, принимающего решение (ЛПР). Основным недостатком, препятствующим широкому использованию внешней оценки, является сложность реализации. Она связана с неоднозначностью выбора критерия эффективности метасистемы и трудоемкостью построения ее модели, входными переменными которой служат элементы множества показателей исходов операций, реализуемых исследуемой системой.

При **внутреннем** подходе исследуемая система (**S**) рассматривается как самостоятельная, а к её выходу (исходу реализуемой операции) вышестоящей системой

(MS) предъявлен ряд требований, удовлетворение которых является целью функционирования системы S. Выделяются существенные с точки зрения достижения цели операции свойства системы и по этим свойствам оценивается исход реализуемой операции. Количественной мерой соответствия исхода операции цели по отдельно взятому свойству (требованиям, предъявленным метасистемой) является **показатель эффективности**. Критерий эффективности определяется как некоторая функция (функционал) от показателей эффективности системы $U(S)=\Psi\{U_i(S)\}$, $i=1\dots n$, где $U_i(S)$ - показатель эффективности по i -му свойству, и правило выбора на множестве значений функции (функционала).

Пример. Предлагаются два альтернативных варианта САУ. Требования к ним сформулированы в виде граничных значений показателей эффективности. Для выбора наиболее эффективного, следует оценить результаты функционирования каждого варианта системы автоматизации на предмет соответствия требованиям. Предпочтительным следует признать вариант, максимально удовлетворяющий предъявленным требованиям.

Методология оценки эффективности при внутреннем подходе следующая:

- 1) определение состава показателей эффективности;
- 2) разработка моделей или методик для расчета значений выбранных показателей;
- 3) построение критерия эффективности системы.

Поскольку внутренний подход в определенной мере выступает альтернативой внешнему, то достоинства и недостатки подходов меняются местами. Действительно, проблема реализации внутренней оценки существенно снижается, в то время как преимущества рекомендуемого варианта системы не всегда являются очевидными для ЛПР.

Однако на практике реализационный аспект становится доминирующим. Поэтому решение первоочередных задач оценки эффективности целесообразно строить на применении внутреннего подхода. Его использование не предполагает нарушения принципа системного подхода и полной изоляции рассматриваемой системы, так как требования к ней в конечном итоге формируются со стороны метасистемы и их выполнение не может не приводить к повышению эффективности последней.

В дальнейшем, по мере изучения особенностей функционирования изучаемой системы на моделях и накопления банка моделей для исследования сложных систем, возможен переход к внешней оценке эффективности.