

Лекция 25

Показатели и критерии оценки систем

Вопросы:

1. Соотношение понятий качества и эффективности
2. Шкала уровней качества системы
3. Показатели и критерии эффективности систем

Автоматизированные системы создаются для реализации ряда операций. Требуемый и реально достигаемый результаты могут различаться. Это зависит от условий протекания операций, качества системы, реализующих операции, и способов достижения требуемых результатов.

Поэтому при оценке принято различать качество систем и эффективность реализуемых системой операций.

1. Соотношение понятий качества и эффективности

Таблица 1 – Соотношение понятий качества и эффективности

Понятие	Качество	Эффективность
Определяет	Свойства или совокупность свойств системы, обуславливающих ее пригодность для использования по назначению.	Свойство процессов функционирования системы, характеризующее его приспособленность к достижению цели системы.
Область применения	Объект любой природы	Целенаправленные системы
Основная характеристика	Совокупность свойств системы, существенных для ее использования по назначению	Степень соответствия результатов функционирования системы ее цели
Фактор структурного анализа	Структура системы	Алгоритм функционирования
Размерность	Вектор	Показатели результативности, ресурсоемкости и оперативности
Способ оценивания	Критерии пригодности, оптимальности, превосходства	Критерии пригодности, оптимальности

Методика определения критериев качества. Каждое i - е качество j - й системы, $i = \overline{1, n}$, $i = \overline{1, m}$ описывается с помощью некоторой выходной переменной y_i^j , отображающей определенное существенное свойство системы.

Значение y_i^j характеризует меру этого качества или частный показатель качества.

Показатель y_i^j может принимать значение из множества допустимых значений $\langle y_i^{\text{доп}} \rangle$.

Обобщенным показателем качества j - й системы будет вектор $Y^j = \langle y_1^j, y_2^j, \dots, y_n^j \rangle$, компонентами которого будут показатели его отдельных свойств.

Частные показатели имеют различную размерность. Поэтому при определении Y^j следует оперировать нормированными значениями.

Задача нормирования определяется в виде

$$y_i^h = \frac{y_i}{y_i^0},$$

где y_i^0 - нормирующая величина.

Возможны несколько подходов к выбору нормирующей величины:

- y_i^0 задается ЛПР;
- $y_i^0 = \max y_i^j$;
- $y_i^0 = \max y_i^j - \min y_i^j$.

Требуемое качество системы задается правилами, которым должны удовлетворять показатели существенных свойств, а проверки их выполнения называется оценением качества системы.

Т.О., критерий качества – это показатель существенных свойств системы и правило его оценивания.

Пусть $Y^* = \langle y_1^*, y_2^*, \dots, y_n^* \rangle$ - вектор идеальной системы.

Тогда область адекватности показателя качества определяется

$$\delta \subseteq \left| Y^{\text{доп}} / Y^* \right| / \left| Y^* \right|,$$

где δ - радиус области адекватности.

Типы критериев качества

1. Критерий пригодности

$$K^{\text{приг}} : (\forall_i) (y_i^j \in \delta | \delta_i \rightarrow y_i^{\text{доп}}, i = \overline{1, n})$$

Правило, согласно которому j - ая система считается пригодной, если значения всех i - х частных показателей y_i^j этой системы принадлежит области адекватности δ , а радиус этой области соответствует допустимым значениям всех частных показателей.

2. Критерий оптимальности

$$K^{\text{опт}}: (\exists_i)(y_i^j \in \delta | \delta_i \rightarrow \delta^{\text{доп}})$$

Правило, согласно которому j - я система считается оптимальной по i - у показателю качества: если существует хотя бы один частный показатель y_i^j , значение которого принадлежит области адекватности, а радиус этой области по этому показателю оптимален.

3. Критерий превосходства

$$K^{\text{прев}}: (\forall_i)(y_i^j \in \delta | \delta_i \rightarrow \delta^{\text{опт}}, i = \overline{1, n})$$

Правило, согласно которому j - ая система считается лучшей, если все значения частных показателей качества y_i^j принадлежат области адекватности, а радиус этой области оптимален по всем показателям.

Формально $K^{\text{прев}} \subset K^{\text{опт}} \subset K^{\text{приг}}$.

При оценивании качества систем с управлением целесообразно выделить нескольких уровней качества, проранжированных в порядке возрастания сложности рассматриваемых свойств.

2. Шкала уровней качества системы

Порядковая шкала уровней качества и дерево свойств систем с управлением приведены на рис.



Система, обладающая качеством данного порядка, имеет и все другие более простые качества, но не имеет качеств более высокого порядка.

Первичным качеством любой системы является **устойчивость**, как способность системы возвращаться в равновесное состояние при выводе из него внешними воздействиями. Для простых систем устойчивость объединяет такие свойства, как прочность, стабильность, стойкость и т.д. Для сложных характерны различные формы структурной устойчивости, такие, как надёжность, живучесть, и т.д.

Более сложным, чем устойчивость, является **помехоустойчивость**, понимаемая как способность системы без искажений воспринимать и передавать информационные потоки. К таким свойствам относятся пропускная способность, кодирование информации, электромагнитная совместимость.

Следующим уровнем шкалы качества системы является **управляемость** – способность системы переходить за конечное время в требуемое состояние под влиянием управляющих воздействий. Управляемость обеспечивается, прежде всего, прямой и обратной связью и объединяет такие свойства системы как оперативность, точность, инерционность и т.д. На этом уровне качества для сложной системы управляемость включает способность принятия решений по формированию управляющих воздействий.

Следующим уровнем по шкале качеств является **способность**, определяющая возможность системы по достижению требуемого результата на основе имеющихся ресурсов в заданный период времени. Данное качество характеризуется такими свойствами, как результативность, ресурсоёмкость и оперативность. По сути, это **потенциальная эффективность** функционирования системы – способность получить требуемый результат при идеальном способе использования ресурсов и в отсутствии воздействия внешней среды.

Наиболее сложным качеством системы является **самоорганизация**. Самоорганизующиеся система способна изменять свою структуру, параметры, алгоритм функционирования и т.д. Свойствами самоорганизации является адаптируемость, самообучаемость, способность к распознаванию ситуации.

Уровень качества выбирает исследователь в зависимости от целей исследования, наличия информации и условия применения системы.

3. Показатели и критерии эффективности систем

Термин «эффективность» связывается с системой, и с операцией и с решением. Эти понятия можно считать эквивалентными.

Будем понимать под эффективностью комплексное свойство процесса функционирования системы, как степень приспособленности к достижению цели.

В общем случае оценка функциональных свойств систем проводится в двух аспектах:

- результат функционирования (операции);
- алгоритм, обеспечивающий получение результата.

Результат функционирования и алгоритм, обеспечивающий его получение, оцениваются по показателям результативности, ресурсоемкости и оперативности.

Результативность обуславливает её получаемым целевым эффектом, ради которого функционирует система.

Ресурсоемкость R характеризуется ресурсами всех видов (людскими, техническими, энергетическими, информационными, финансовыми и т.д.), используемыми для получения целевого эффекта.

Оперативность O определяется расходом времени, потребного для достижения цели функционирования системы.

Вектор эффективности системы определяется:

$$Y\phi = \langle Y\phi, Y_R, Y_O \rangle.$$

Выбор критерия эффективности – центральный, самый ответственный момент исследования систем.

Процесс выбора критерия является субъективным, творческим процессом.

Математическое выражение критерия эффективности называют **целевой функцией**, поскольку её экстримизация является отражением цели функционирования системы.

Отсюда следует, что формирование критерия эффективности решений требует:

- определить цель решения проблемы;
- найти множество управляемых и неуправляемых **характеристик (параметров)** системы;
- определить показатели исхода операции.

Хотя конкретные операции достаточно многообразны, существует ряд общих принципов, которыми необходимо руководствоваться при формировании критериев эффективности.

В зависимости от типа систем и внешних воздействий операции могут быть:

- детерминированными;
- вероятностными;
- неопределенными.

В связи с этим выделяют 3 группы критериев эффективности:

1. В условиях определенности, если критерии отражают один строго определенный исход детерминированной операции;
2. В условиях риска, если критерии являются дискретными или непрерывными случайными величинами с известными законами распределения в вероятностной операции;
3. В условиях неопределенности, если критерии являются случайными величинами, законы распределения которых неизвестны.

Критерии пригодности для оценки детерминированных операций

$$K^{приг} : (\forall i) (y_i^j \in \delta / \delta_i \rightarrow y^{don}, i \in \langle Z, R, O \rangle)$$

определяет правило, по которому операция считается эффективной, если все частные показатели исхода операции принадлежат области адекватности.

Критерий оптимальности для оценки детерминированной операции

$$K^{opt} : (\exists i) (y_i^j \in \delta / \delta_i \rightarrow \delta^{opt}, i \in \langle Z, R, O \rangle)$$

определяет правило, по которому операция считается эффективной, если все частные показатели принадлежат области адекватности, а радиус области адекватности оптимален.

Критерий пригодности для оценки эффективности вероятностной операции

$$K^{приг} : P_{\partialц} (Y_{эф}) \geq P_{\partialц}^{треб} (Y_{эф})$$

определяет правило, по которому операция считается эффективной, если вероятность достижения цели по показателям эффективности не меньше требуемой.

Критерий оптимальности для оценки вероятностной операции

$$K^{опт} : P_{\partialц} (Y_{эф}) = P_{\partialц} (Y_{эф}^{опт})$$

определяет правило, по которому операция считается эффективной, если вероятность достижения цели по показателям эффективности равна вероятности достижения цели с оптимальными значениями этих показателей.

Методика оценки эффективности систем в неопределенных операциях составляет один из разделов теории принятия решений.

Общие требования к показателям эффективности:

- соответствие цели;
- полнота;
- **измеряемость**;
- явность физического смысла;
- избыточность;
- чувствительность.