

Лекция. Качество решений

Цель: Изложить основные подходы, связанные с анализом и оценкой качества решений, принимаемых при управлении.

Время - 4 часа

Учебные вопросы:

1. Аксиомы теории управления
2. Принцип необходимого разнообразия
3. Степень соответствия решений состояниям объекта управления
4. Критерии ценности информации и минимума эвристик

1. Аксиомы теории управления

Осуществление управления требует соблюдения ряда условий, формулируемых в виде аксиом.

Аксиома 1. Наличие *наблюдаемости объекта управления*. Объект управления считается наблюдаемым в состоянии $z(t)$ на множестве моментов времени T при входном воздействии $x(t)$ и отсутствии возмущений, если уравнение наблюдения динамической системы, представленное в виде

$$y^*(t) = g[t, x(t), z^*(t)],$$

где $y^*(t)$ – некоторая реализация выходного процесса, доступная для регистрации,

имеет единственное решение

$$z^*(t) = z(t) \in Z.$$

Если это утверждение справедливо для любого $z(t) \in Z$, то объект считается *наблюдаемым*.

Это выражение означает, что определение любого из состояний объекта управления (т.е. его наблюдаемость) реализуется только в том случае, если по результатам измерения выходных параметров $y^*(t)$ при известных значениях входных параметров $x(t)$ может быть получена оценка $z^*(t)$ любой из переменных состояния $z(t)$.

Такая задача известна как задача наблюдения. В организационно-технических системах эта задача реализуется функцией контроля текущего состояния объекта управления и воздействий внешней среды. Без этой информации управление либо невозможно, либо неэффективно.

Аксиома 2. Наличие *управляемости* – способности объекта управления переходить в пространстве состояний Z из текущего состояния в требуемое под воздействиями управляющей системы. Здесь можно понимать перемещение в физическом пространстве, изменение скорости и направления движения в пространстве состояний, изменение структуры или свойств объекта управления. Если состояние объекта управления не меняется, то управление теряет смысл.

Аксиома 3. Наличие *цели управления*. Под целью управления понимают набор значений количественных или качественных характеристик, определяемых требуемое состояние объекта управления.

Если цель управления неизвестна, управление не имеет смысла, а изменение состояний объекта управления превращается в бесцельное блуждание. Цель отображается точкой, в которую надо перевести систему из существующего состояния, или траекторией перевода объекта управления в требуемое состояние.

Например

$$\max F = \sum_{i=1}^n a_i y_i$$

при ограничениях типа

$$\sum_{i=1}^n b_i y_i \leq c,$$

где y_i – значение i -й характеристики;

a_i – важность или вес i -й характеристики;

b_i – расход ресурсов на поддержание i -й характеристики в требуемом состоянии;

c – общее количество ресурсов.

Аксиома 4. Свобода выбора – возможность выбор *управляющих воздействий (решений)* из некоторого множества допустимых альтернатив. Чем меньше это множество, тем менее эффективно управление, так как в условиях ограничений оптимальные решения часто остаются за пределами области адекватности. Если имеется единственная альтернатива, то управление не требуется. Если же решения не влияют на изменение состояния объекта управления, то управления не существует.

Аксиома 5. Наличие *критерия эффективности управления*. Обобщенным критерием эффективности управления считается степень достижения цели функционирования системы.

Кроме степени достижения цели о результативности управления можно судить по частным критериям, таким как

- степень соответствия управляющих воздействий требуемым состояниям объекта управления;
- качество принимаемых решений;
- точность управления.

Аксиома 6. Наличие ресурсов (материальных, финансовых, людских и т.д.), которые обеспечивают реализацию принимаемых решений. Отсутствие ресурсов равносильно отсутствию свободы выбора. Управление без ресурсов невозможно.

2. Принцип необходимого разнообразия

Из аксиом управления следует, что управление заключается в ограничении разнообразия состояний управляемого объекта. Это означает, что неопределенность относительно состояний объекта управления в управляющей системе должна полностью отсутствовать и этот объект управления должен находиться в строго определенном состоянии с вероятностью, равной единице. Иными словами, *энтропия* объекта управления должна быть равна нулю $H(Y)=0$.

Если объект управления характеризуется одним показателем качества u и может находиться в состояниях y_1, y_2, \dots, y_n с вероятностями $p(y_1), p(y_2), \dots, p(y_n)$, то сообщение Y о том, в каком из состояний находится объект в системе с полной информацией, будет содержать количество информации, равное его энтропии

$$H(Y) = -\sum_{i=1}^n p(y_i) \log_2 p(y_i).$$

Для оценки состояний объекта, характеризуемого m показателями качества $u^{(j)}$, требуется провести суммирование по $j, j=1, 2, \dots, m$.

Энтропия является мерой первоначальной неопределенности состояния объекта управления. Чем больше число различных состояний объекта и чем меньше отличаются друг от друга их вероятности, тем больше энтропия объекта. При n равновероятных состояниях $p_i = 1/n$ значение энтропии максимально: $H(Y)_{\max} = \log_2 n$.

С получением сведений об объекте управления неопределенность его состояния для управляющей системы уменьшается. Количество информации в сообщениях,

предназначенных для уточнения состояния (т.е. уменьшения энтропии) объекта управления определяется как разность:

$$I(Y, Y') = H(Y) - H(Y/Y')$$

где $H(Y/Y')$ – условная энтропия объекта после получения информации Y' .

Если полученное сообщение полностью характеризует состояние объекта, то оно полностью снимает неопределенность ($H(Y/Y')=0$), следовательно, несет количество информации, равное $H(Y)$.

Из теории информации известно, что количество информации обладает двумя важными свойствами: *положительностью* и *симметричностью*. Первое свойство свидетельствует о том, что количество информации всегда больше или равно нулю ($I \geq 0$). Согласно второму свойству количество взаимной информации $I(A, B)$, которое содержит принятое сообщение о посланном, равно количеству информации, которое содержит посланное сообщение о принятом $I(A, B) = I(B, A)$.

Эти характеристики информации позволяют провести анализ управляющих воздействий относительно их соответствия состояниям управляемого объекта. Иначе говоря, становится возможным определить пределы управления.

Пусть существует система с управлением, в которой решается задача стабилизации – поддержание заданного состояния при случайных воздействиях внешней среды. Система описывается множеством возможных состояний объекта управления $Y = \{y_i\}$, $i=1, 2, \dots, n$, и множеством возможных управляющих воздействий $X = \{x_j\}$, $j=1, 2, \dots, m$.

Для определения пределов управления следует рассмотреть три возможных варианта:

- 1) отсутствие управления;
- 2) идеальное управление (управление с полной информацией);
- 3) реальное управление (управление с неполной информацией).

1. *Отсутствие управления*. Если управление отсутствует, то объект управления может принимать любое из состояний Y и характеризуется максимальной энтропией

$$H(Y) = -\sum_{i=1}^n p(y_i) \log_2 p(y_i) = H(Y)_{\max}.$$

2. *Идеальное управление*. Если управление идеальное, то объект управления будет все время находиться в заданном состоянии с вероятностью, равной единице, и поэтому его энтропия равна нулю.

Пусть для заданной системы при условии воздействий X вероятность первого состояния $p(y_1)=1$, а вероятности остальных состояний $\sum_{i=2}^n p(y_i) = 0$. Следовательно

$$\begin{aligned} H(Y/X) &= -\left\{ p(y_1) \cdot \log_2 p(y_1) + \sum_{i=2}^n [p(y_i) \cdot \log_2 p(y_i)] \right\} = \\ &= -\left\{ 1 \cdot \log_2 1 + \left[0 \cdot \sum_{i=2}^n \log_2 p(y_i) \right] \right\} = 1 \cdot 0 + 0 = 0. \end{aligned}$$

3. *Реальное управление*. При управлении в реальных условиях имеют место отклонения состояния объекта управления относительно заданного состояния. Это определяется тем, что в общем случае управляющая система подвержена внешним воздействиям, не обладает полной информацией о состоянии среды и объекта управления. Вследствие этого управляющие воздействия не полностью соответствуют требуемым. В таком случае можно сделать вывод о том, что энтропия объекта управления в реальных условиях может изменяться в пределах

$$0 < H(Y/X) < H(Y)_{\max}.$$

Качество управления может определяться количеством взаимной информации $I(X, Y)$ в управляющих воздействиях X относительно состояний объекта управления Y , вычисляемой как разность между безусловной и условной энтропией

$$I(X, Y) = H(Y)_{\max} - H(Y/X),$$

что соответствует уменьшению энтропии объекта управления на величину, равную полученной информации.

С другой стороны, количество взаимной информации $I(X, Y)$ в управляющих воздействиях X относительно состояний объекта управления Y может быть выражено как разность энтропии управляющей системы $H(X)$ и условной энтропии управляющей системы после получения сообщения о состоянии объекта управления $H(X/Y)$:

$$I(X, Y) = H(X) - H(X/Y).$$

Сопоставив два последних выражения, получим

$$H(Y)_{\max} - H(Y/X) = H(X) - H(X/Y)$$

или

$$H(Y/X) = H(Y)_{\max} - H(X) + H(X/Y).$$

Это выражение, определяющее предельные возможности управления, показывает, что для повышения качества управления (т.е. для уменьшения энтропии $H(Y, X)$). Необходимо:

- уменьшать разнообразие состояний объекта управления $H(Y)$;
- увеличивать разнообразие управляющих воздействий $H(X)$, приближая его к разнообразию состояний объекта управления;
- уменьшать неоднозначность управляющих воздействий относительно состояний объекта управления $H(X/Y)$, что возможно при наличии полной информации об объекте управления и внешней среде.

Иными словами, следует стремиться к тому, чтобы на каждое возможное состояние объекта управления имелось свое управляющее воздействие, чтобы существовала возможность использования управляющих воздействий в зависимости от состояния и чтобы всякий раз обеспечивался выбор того воздействия, которое соответствует состоянию объекта управления.

Последнее выражение отражает фундаментальный принцип кибернетики (*принцип Эшби*), кратко формулируемый так: «Разнообразие управляющей системы должно быть не менее разнообразия объекта управления».

Согласно этому принципу с увеличением сложности объекта управления должна увеличиваться сложность управляющей системы. При управлении надо располагать как можно более полной и точной информацией об объекте управления и внешней среде.

Из этого принципа следует, что энтропию объекта управления (многообразие состояний регулируемых переменных) можно понизить до желаемого уровня (что и является целью регулирования), только увеличив энтропию управляющей системы (многообразие регулирующих переменных) по меньшей мере, до соответствующего минимума.

Кроме того, принцип показывает, что производительность любого физического устройства как регулятора не превышает его производительности как канала связи.

К сожалению, условная энтропия $H(Y/X)$ не может считаться исчерпывающей характеристикой качества управления даже в теоретическом плане. Дело в том, что значение энтропии зависит от распределения вероятностей, но еще не от самих значений

случайной величины. Между тем довольно часто более важны сами значения случайных отклонений, а не их вероятности. К тому же, возможности управления ограничиваются некоторыми другим факторами, например временем обработки информации в управляющей системе и передачи ее по каналам прямой и обратной связи.

3. Степень соответствия решений состояниям объекта управления

Наиболее общим показателем, характеризующим качество управления (а, следовательно, и принимаемых при этом решений) является *степень соответствия решений состояниям объекта управления*. Он может быть количественно определен через условную энтропию. В соответствии с ранее рассмотренным принципом необходимого разнообразия условная энтропия отражает качество управления в форме выражения

$$H(Y/X) = H(Y)_{\max} - H(X) + H(X/Y).$$

Таким образом, энтропия управляемого объекта при наличии управления удовлетворяет неравенству $H(Y/X) \geq H(Y) - H(X)$.

Это неравенство отражает предельные возможности управления. Достижение равенства возможно, когда управляющие воздействия и состояния объекта управления находятся в однозначном соответствии. Это происходит, если управляющая система точно определяет отклонения состояния объекта управления под воздействием случайных возмущений среды и точно вырабатывает нужное корректирующее воздействие.

На практике случайные воздействия состояния объекта управления не всегда поддаются точному определению. Известные погрешности также возникают при выработке корректирующих воздействий и при их исполнении объектом управления. В силу указанных причин однозначная связь между управляющими воздействиями и состояниями объекта управления будет отсутствовать и условная энтропия $H(X/Y)$ больше нуля.

В связи с этим критерий качества управления по степени соответствия решений состояниям объекта управления может быть сформулирован как

$$H(X)_{\text{треб}} \geq H(Y),$$

что означает: *требуемая энтропия системы управления должна быть не менее энтропии объекта управления*.

Однако практическое использование этого критерия затрудняется из-за того, что в нем не учитывается содержательная сторона состояний объекта управления и воздействий системы управления.

Поясним это примером.

Определить требуемую энтропию системы управления $H(X)_{\text{треб}}$ при условии, что объект управления Y может находиться в двух состояниях $\{y_1, y_2\}$.

Пусть объект управления Y – это транспортное средство, слежение за которым осуществляется с помощью глобальной системы определения местоположения, а корректировка маршрута осуществляется по командам из диспетчерского центра.

Рассмотрим вероятность нахождения транспортного средства в различных состояниях:

| № | p_1 (соблюдение маршрута) | p_2 (отклонение от маршрута) |
|---|--------------------------------|-----------------------------------|
| 1 | 0,5 | 0,5 |
| 2 | 0,9 | 0,1 |
| 3 | 0,1 | 0,9 |

Необходимо рассчитать требуемую энтропию системы управления для каждого случая.

Вариант 1.

$$H(Y)^{(1)} = \sum_{i=1}^2 p_i \log_2 p_i = -[0,5 \cdot \log_2 0,5 + 0,5 \cdot \log_2 0,5] = -[0,5 \cdot (-1) + 0,5 \cdot (-1)] = 1 \text{ бит.}$$

Поскольку должны выполняться условия $H(X)_{\text{треб}} \geq H(Y)$, и $H(Y)=1$, то $H(X)_{\text{треб}}^{(1)} \geq 1$ бит.

Вариант 2.

$$H(Y)^{(2)} = \sum_{i=1}^2 p_i \log_2 p_i = -[0,9 \cdot \log_2 0,9 + 0,1 \cdot \log_2 0,1] = -[0,9 \cdot (-0,152) + 0,1 \cdot (-3,322)] = 0,469 \text{ бит.}$$

Поэтому $H(X)_{\text{треб}}^{(2)} \geq 0,469$ бит.

Полученная величина меньше, чем энтропия системы управления для случая 1. Это означает, что управлять транспортным средством, водитель (пилот, капитан) которого дисциплинирован, легче.

Вариант 3.

$$H(Y)^{(3)} = \sum_{i=1}^2 p_i \log_2 p_i = -[0,1 \cdot \log_2 0,1 + 0,9 \cdot \log_2 0,9] = -[0,1 \cdot (-3,322) + 0,9 \cdot (-0,152)] = 0,469 \text{ бит.}$$

Следовательно, $H(X)_{\text{треб}}^{(3)} \geq 0,469$ бит.

Расчеты показывают, что энтропия системы управления для второго и третьего случая (варианта) одинакова. Это явно противоречит интуитивным представлениям, о разных требованиях к системе управления для случаев 2 и 3.

Пример демонстрирует некоторую ограниченность критерия соответствия управляющих воздействий состояниям объекта управления. В целом недостатком такого подхода является чрезмерная формализация и отсутствие учета семантики (смысла) принимаемых решений.

Анализ функций системы управления в аспекте построения информационных систем показывает, что основной вклад в эффективность управления вносят показатели

- ценности информации;
- остаточной неопределенности принимаемых решений (минимума эвристик).

4. Критерии ценности информации и минимума эвристик

Принятие решений является основой управления, так как обеспечивает преобразование содержания информации о состоянии объекта управления в командную информацию на этапах контроля, анализа, планирования и оперативного управления. От качества решений в значительной мере зависит эффективность функционирования системы в целом.

Качество решений – это пригодность решений, получаемых на основе реализации функций обмена информацией, рутинных функций, расчетных, логических и эвристических правил порождения и выбора альтернатив для перевода системы в целевое состояние.

Качество решений является составным свойством, вбирающим многие внутренние свойства процесса управления. Это вызывает определенные сложности в трактовке указанного понятия. Однозначное его понимание, обоснованное объективными методами теории эффективности, в настоящее время отсутствует. В целях устранения субъективизма в оценке качества решений ее (оценку) можно проводить по критерию *ценности информации* и критерию *минимума эвристик*.

В основе оценки качества решений по данным критериям лежат понятия ценности информации, остаточной энтропии (неопределенности) решения $H_{ост}$ и объектно-ориентированный подход к описанию предметной области.

Условимся понимать под решениями командную информацию – множество $\{I_{реш}\}$, получаемое на основе применения множества функций преобразования информации $\{f_{реш}\}$ к исходным данным – множеству информации о состоянии объекта управления и внешней среды $\{I_{вх}\}$.

Иными словами, принятие решения есть процесс преобразования исходных данных в решение $f_{реш} : I_{вх} \rightarrow I_{реш}$.

Целесообразно рассмотреть компоненты этого процесса в аспекте их влияния на качество управления.

Совокупность сведений о реальном объекте, явлении или абстрактном понятии, относящемся к $I_{вх}$ или $I_{реш}$, условимся называть *информационным объектом*. Каждый информационный объект описывается именем, набором характеристик, определяющих его значение, и конечным множеством процедур преобразования значений, присваиваемых этому объекту, - $\{f_{реш}\}$.

Другими словами, информационный объект – это тип данных для представления некоторого объекта реального мира.

Информация, относящаяся к объекту, содержится в составляющих его характеристиках.

Формально информационный объект – это структура вида:

$$\langle id(i), \{ch_j(i)\}, \{f_j(i)\} \rangle,$$

где $id(i)$ - имя информационного объекта;

$\{ch_j(i)\}$ - множество характеристик (свойств, полей) объекта;

$\{f_j(i)\}$ - множество способов снятия неопределенности (вычисления значений характеристик, допустимых методов, операций) относительно этого объекта.

Ценность (полезность) информации разумно оценивать по тому эффекту, который она оказывает на результат управления. Предложена мера ценности информации $I_{ц}$, которая определяется как изменение вероятности достижения цели или реализации какой-либо задачи при получении дополнительной информации:

$$I_{ц} = \log p_1 - \log p_0 = \log(p_1/p_0),$$

где p_0 – начальная вероятность достижения цели (до получения дополнительной информации);

p_1 – вероятность достижения цели после получения дополнительной информации.

Физический смысл логарифмической единицы ценности информации состоит в том, что информация, ценностью в r единиц позволяет повысить качество решений в $\log r$ раз.

При этом возможны три варианта.

1. Если полученная информация не изменяет вероятности достижения цели,

$$p_1 = p_0, \text{ а } I_{ц} = 0,$$

то ее ценность считается равной нулю, а сама информация называется *информационным шумом*.

2. Если полученная информация изменяет ситуацию в худшую сторону, т.е. уменьшает вероятность достижения цели

$$p_1 < p_0, \text{ а } I_{ц} < 0,$$

то эта информация называется *дезинформацией* и измеряется отрицательным значением ценности.

3. Если полученная информация может изменить положение дел в лучшую сторону, т.е. увеличивать вероятность достижения цели,

$$p_1 > p_0, \text{ а } I_u > 0,$$

то она называется *полезной (ценной)* информацией.

При определении ценности информации учитывают существенность какого-либо события, своевременность получения информации, ее репрезентативность, содержательность, достаточность, доступность, актуальность, точность.

Естественным *критерием ценности информации* выступает правило $I_u = \max(I_{u_i})$.

Для уяснения критерия минимума эвристик следует рассмотреть информационные объекты с точки зрения их изменчивости, вида информации, способа снятия неопределенности с их значений и веса в иерархии, представляющей принятое решение.

По изменчивости выделяют постоянную и переменную информацию.

Постоянная информация – это информация, которая обычно не меняется в течение нескольких циклов управления. Как правило, это информация о структуре информационного объекта; перечень характеристик (свойств, полей), процедур (методов), применимых к этим характеристикам, и связей между ними.

Переменная информация – это информация, изменяющаяся в каждом цикле управления. Это в основном информация о значениях характеристик информационного объекта, получаемая путем применения к нему допустимых процедур.

Изменчивость информации во времени влияет на ее семантическую сущность. Влияние этого изменения особенно сильно проявляется при решении задач оперативного управления. Например, информация о стихийном бедствии. Поэтому в системах оперативного управления для повышения ценности поступающей информации и повышения уровня управляемости процессами стремятся сократить длительность цикла управления за счет автоматизации обработки данных.

Влияние изменения семантической ценности информации на качество решения задач планирования не так существенно в силу их специфики. Однако если организация перестает учитывать изменение информации при разработке стратегии своего поведения, то такая политика со временем окажется устаревшей.

По виду информационные объекты разделяют на *детерминированные, вероятностные и неопределенные* (недостовверные, многозначные). Процедуры получения значений их характеристик опираются на соответствующие методы, обеспечивающие разную степень точности решений.

По способу снятия неопределенности информационные объекты можно разделить на три группы.

К *первой группе* относится заранее накопленная постоянная информация, неопределенность которой связана с неполнотой, недостоверностью и неполным соответствием решения содержанию. Эта неопределенность снимается за счет рутинных функций обработки информации и функций обмена информацией.

Преобразования, связанные с рутинной обработкой информации и ее обменом, получили наименование *информационных задач*. В основе автоматизированного решения таких задач лежат информационные сети, базы данных, информационно-поисковые и информационно-справочные системы.

Вторая группа объединяет информацию, относительно которой неопределенность снимается с помощью функций принятия решений – преобразования содержания информации на основе расчетов и логических процедур.

Преобразования содержания информации получили наименование *расчетных (расчетно-аналитических)* задач. В эту группу включены не только собственно расчеты, но и логические задачи, основанные на формальной логике.

К *третьей группе* относится информация, относительно которой неопределенность разрешается на основе эвристик – множества процедур волевых решений, не подкрепленных объективными математическими методами. Наличие такого способа снятия информации объясняется, с одной стороны, принципиальной невозможностью полного познания любого явления или объекта, ограниченностью наших знаний и познавательных возможностей, а с другой стороны – ограничением времени, выделяемого на принятие решений. В эвристических процедурах основное место отводится интуиции, выводам по аналогии, нечеткой логике, методам качественного анализа систем (активной коллективной работы).

По весу все составные информационные объекты можно проранжировать на основе экспертных оценок их вклада в принятое решение.

Таким образом, множество функций преобразования значений характеристик информационных объектов есть объединение множеств:

$$\{f_{\text{пеи}}\} = \{f_p\} \cup \{f_o\} \cup \{f_c\},$$

где $\{f_p\}$ – рутинные функции обработки информации;

$\{f_o\}$ – функции обмена информацией;

$\{f_c\}$ – функции содержательного преобразования информации.

Последняя указанная группа функций является ведущей, поскольку именно она обеспечивает создание новой информации, преобразовании информации состояния в командную информацию.

В свою очередь,

$$\{f_c\} = \{f_r\} \cup \{f_l\} \cup \{f_e\},$$

где $\{f_r\}$ – множество расчетных процедур;

$\{f_l\}$ – множество логических процедур;

$\{f_e\}$ – множество эвристических процедур.

Классификация информации по виду и задач по способу снятия неопределенности позволяет утверждать, что качество решений зависит от качества методов (типов процедур), применяемых для снятия неопределенности со структуры и значений характеристик информационных объектов. Неопределенность информации, снимаемая за счет эвристик, сохраняется, так как объективной процедуры обоснования выбранного решения может не быть. Эта неопределенность и называется остаточной неопределенностью решения $H_{\text{ост}}$.

Величина $H_{\text{ост}}$ может определяться как отношение взвешенной суммы эвристик к общей взвешенной сумме всех процедур получения значений характеристик информационного объекта:

$$H_{\text{ост}} = \frac{\sum_i \alpha_i n(f_e)}{\sum_i \alpha_i n(f_{\text{пеи}})},$$

где α_i – вес процедуры;

$n(f_e)$ – количество эвристик;

$n(f_{\text{пеи}})$ – общее количество процедур обработки информации всех типов.

При таком представлении процесс принятия решения состоит в порождении информационного объекта $\{I_{\text{вх}}\}$ и сопоставлении ему информационного объекта $\{I_{\text{пеи}}\}$ путем последовательного снятия неопределенности со структуры и получения значений соответствующих характеристик на основе процедур обработки информации из

множества $\{f_{\text{реш}}\}$. Каждый этап этого процесса сопровождается переходом от общих представлений к конкретным данным, снимающим неопределенность относительно $\{I_{\text{реш}}\}$. При этом $H_{\text{ост}}$ зависит от допустимого времени принятия решения, ограниченно-го требованиями по оперативности, что отражает естественную связь процесса принятия решения с его продолжительностью.

Приведенные соображения позволяют сформулировать *принцип минимума эвристик*: чем меньше эвристических процедур в функциях принятия решения, тем качество решения выше.

В соответствии с этим принципом значение, принимаемое $H_{\text{ост}}$ на момент окончания принятия решения, отражает обоснованность, а значит, и качество решения. Поэтому качество решения может оцениваться по разности между остаточной неопределенностью информационного объекта $H_{\text{ост}}$ (представляющего решение) и минимально возможной остаточной неопределенностью $H_{\text{ост}}^{(\min)}$ для данного информационного объекта при фиксации времени окончания принятия решения (как ограничения);

$$H_{\text{реш}} = H_{\text{ост}} - H_{\text{ост}}^{(\min)} \text{ при } T_{\text{реш}} \leq T_{\text{реш}}^{(\text{дон})},$$

где $H_{\text{ост}}$ - остаточная неопределенность информационного объекта;

$H_{\text{ост}}^{(\min)}$ - минимально возможная остаточная неопределенность этого информационного объекта.

Критерием, отражающим *принцип минимума эвристик* для оценки качества решения, служит правило:

$$H_{\text{реш}} = \min(H_{\text{реш}}),$$

в соответствии с которым лучшим считается решение, имеющее минимально возможную неопределенность.

В идеальной системе управления используются оптимальные (рациональные) процедуры (если они в принципе могут быть), и применение этих процедур приводит к получению решений за допустимое время. Следовательно, $H_{\text{реш}}=0$. Это соответствует *идеальному решению*. Если решение принимается только на основе эвристик, то неопределенность в предельном случае соответствует случайному равновероятному выбору решения или отсутствию управления.

В реальных системах вместо оптимальных (рациональных) процедур получения значений характеристик информационных объектов используются эвристики, если искоемые значения не могут быть получены за время, отводимое на принятие решения. Поэтому $H_{\text{ост}} > H_{\text{ост}}^{(\min)}$ и неопределенность решений $H_{\text{реш}} > 0$.

Это дает основание проводить сравнение решений, получаемых в разных системах управления, в том числе с использованием АСППР. Кроме того, критерий минимума эвристик показывает зависимость качества решений от времени на принятие решения, соответствует цели, обладает полнотой, измеримостью, ясностью физического смысла, избыточностью и чувствительностью.