

Выбор рациональной структуры систем поддержки принятия решений в организационных системах¹

Цыгичко Виталий Николаевич, доктор технических наук, профессор,
главный научный сотрудник
Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление»
Российской академии наук (ФИЦ ИУ РАН)

Аннотация. Проведен анализ информационной структуры решений в организационных системах и на его основе предложены универсальные критерии оценки эффективности систем поддержки принятия решений (СППР). Представлены постановки задач выбора программных и технических средств СППР по принятым критериям и сформулированы необходимые условия для их решения.

Ключевые слова: организационная система (ОС), информация, неопределенность, энтропия, критерий эффективности, конфигурация, структура.

¹ Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант 17-07-00206)

Информатизация управленческой деятельности, связанная с внедрением систем поддержки принятия решений (СППР) в организационные системы (ОС), представляет собой сложную и многогранную проблему. Прежде чем принять решение о внедрении СППР руководство ОС должно иметь информацию о том:

- какая конфигурация технических и программных средств СППР соответствует потребностям организации,
- каков возможный эффект внедрения СППР и как его количественно измерить,
- сколько будет стоить внедрение, и последующая эксплуатация СППР и соответствуют ли предполагаемые затраты ожидаемому эффекту.

Выбор рациональной структуры СППР и ее внедрение - это сложная многоступенчатая процедура, представляющая собой иерархию решений различной степени общности.

Верхний уровень должен характеризоваться обобщенной оценкой целостного, системного эффекта внедрения СППР.

Нижестоящие решения используют частные показатели эффективности внедрения технических средств и программного инструментария. Критерии всех уровней должны быть согласованы.

Для выбора критериев оценки эффективности СППР проведем анализ информационной структуры решений, принимаемых в ОС.

Информация, необходимая для принятия решения, может характеризоваться двумя взаимосвязанными показателями — количеством I , например, в битах, и неопределенностью, выраженной через энтропию \mathcal{E}

Каждая составляющая информационной структуры решения представляет собой набор количественных или качественных параметров.

Неопределенность информации выражается в том, что действительные (истинные) значения параметров неизвестны. Можно определить только интервалы I , содержащие возможные значения этих параметров. Для каждого решения объективно существует допустимая точность задания информации, т.е. минимальные интервалы b значений параметров, обеспечивающих необходимую подробность описания управляемого процесса.

Если информация о каком-либо параметре отсутствует, то интервал I будет содержать все возможные значения этого параметра, т.е. I будет совпадать с интервалом его определения $\text{sup}I=I$. В другом крайнем случае, если вся

информация о том или ином параметре известна, то интервал его возможных значений I будет совпадать с допустимым интервалом точности $I=b$. При полной информации интервалы I и b превращаются в точку. В реальной практике управления принимающий решение всегда имеет какую-либо информацию о возможных значениях интересующих его параметров, т.е. имеет место некоторая промежуточная ситуация, когда I находится в интервале $\text{sup}I > b$. Введение допустимого интервала точности b позволяет перевести континуальное множество числовых значений параметров управляемого процесса в ограниченное конечное множество. Это дает возможность использовать формулу К. Шеннона для описания неопределенности решения.

Процедура принятия решения представляет собой итеративный процесс последовательного разрешения неопределенности информации, т.е. уменьшения интервалов I возможных значений параметров, составляющих исходную информацию.

Введем следующую аксиоматику.

Аксиома 1. Каждому количеству информации о любом параметре, необходимом для принятия решения, может быть однозначно сопоставлен некоторый минимальный интервал I , содержащий истинное значение этого параметра.

Аксиома 2. Истинное значение любого параметра, необходимого для принятия решения, с равной вероятностью находится в любой точке интервала I .

Аксиома 3. Длина минимального интервала I истинного значения любого параметра, необходимого для принятия решения, есть невозрастающая функция количества информации о данном параметре.

Пусть на каждый момент процедуры принятия решения для всех параметров $j \in J$, составляющих информацию, определены допустимые интервалы точности задания численных значений $b \in B$ и интервалы возможных значений $I_j \in L$, где L — область возможных решений.

Разобьем интервалы возможных значений параметров I_j вектора L на участки длиной b_j . Каждый интервал содержит N_j участков I_j

$$N_j = \frac{l_j}{b_j} \quad (1)$$

Вероятность попадания численного значения j параметра в K_j участок интервала l_j обозначим P_{K_j} , где $K_j = l_j \cdot N_j$.

В силу независимости компонент вектора L полная энтропия неполноты информации согласно К. Шеннону записывается

$$\mathcal{E}_n = - \sum_{j=1}^J \sum_{K_j=1}^{N_j} P_{K_j} \log P_{K_j} \quad (2)$$

Назовем \mathcal{E}_n — полной энтропией решения. Величина полной энтропии решения \mathcal{E}_n определяется вектором допустимого интервала точности B и областью возможных состояний управляемого объекта L . Уменьшение B при $L = \text{const}$ увеличивает энтропию, и наоборот. В процессе принятия решений B обычно не меняется, а L уменьшается,

что ведет к уменьшению энтропии. Величина P_{K_j} в выражении (2) — это вероятность того, что j -й параметр из информации, необходимой для принятия решения, примет значение из K_j участка интервала l_j .

В общем случае P_{K_j} имеет вероятностный смысл. Однако законы распределения истинных значений параметров управляемого процесса в выбранных интервалах L , как правило, неизвестны. В большинстве случаев эксперты не имеют оснований для предпочтения одних значений параметров другим. В этой ситуации вводится естественное допущение о том, что распределение истинных значений параметров подчиняется равномерному закону. Тогда вероятность P_{K_j} попадания истинного значения параметра j в K_j участок интервала l_j определится формулой

$$P_{K_j} = \frac{b_j}{l_j} \quad (3)$$

и выражение, определяющее полную энтропию решения, примет вид

$$\mathcal{E}_n = - \sum_{j=1}^J \log \frac{1}{N_j} \quad (4)$$

Предлагаемый подход к практической оценке неопределенности информации носит универсальный характер и может быть применен и к качественным показателям, не имеющим количественной меры. Например, если при формировании СППР не может быть отдано предпочтение ни одной из выдвинутых альтернатив ее структуры, то неопределенность выбора может быть представлена выражением.

$$\mathcal{E}_n = - \log \frac{1}{n} \quad (5)$$

где n — число рассматриваемых альтернатив.

Информация, необходимая для принятия решений, может быть условно разделена на три основные группы.

К первой группе отнесем информацию, заранее накопленную в системе управления и потенциально готовую к использованию в процессе принятия решений. Эта информация может содержать сведения обо всех составляющих информационной структуры решения. Неопределенность

заранее накопленной информации характеризуется ее неполнотой, неполной достоверностью и неполным соответствием содержанию решения. Кроме того, информация может быть трудно доступной, и нет времени на ее полный сбор и обработку.

Обозначим неопределенность заранее накопленной информации $\mathcal{E}_{\text{пот}}$.

Вторая группа составляет информацию, получаемую в процессе принятия решения. Эта информация включает оперативную информацию, получаемую непосредственно в процессе принятия решения, и новую информацию, генерируемую путем логико-аналитической переработки всей известной информации с использованием, если это возможно и нужно, математических методов и моделей предметной области. В принятой терминологии вторая группа информации формирует область возможных значений параметров $L = \{l_j\}$. Обозначим неопределенность информации, разрешаемой логическими методами \mathcal{E}_t .

К третьей группе отнесем информацию, которая не может быть получена какими-либо объективными методами. Неопределенность этой информации разрешается волевым решением. Таким образом, при реализации процедуры принятия решения всегда остается неопределенность, разрешаемая путем субъективного выбора. Назовем эту неопределенность остаточной неопределенностью решения — $\mathcal{E}_{\text{ост}}$.

На основании изложенного полная энтропия решения \mathcal{E}_n может быть представлена суммой

$$\mathcal{E}_n = \mathcal{E}_{\text{пот}} + \mathcal{E}_t + \mathcal{E}_{\text{ост}} \quad (6)$$

Составляющие полной энтропии не являются независимыми, так как получение информации одной группы позволяет генерировать информацию других групп. Однако на каждый определенный момент процесса принятия решения объективно существуют неопределенности всех групп, что и отражено в выражении (6).

Рассмотрим зависимость неопределенности \mathcal{E}_n от трех главных факторов — количества информации I , начальной неопределенности решения \mathcal{E}_n и времени $T = [0, T]$ выделенного на принятие решения.

Процесс разрешения неопределенности можно условно разделить на два взаимосвязанных подпроцесса.

Первый — это цепь логических операций обработки исходной информации, позволяющих сделать объективные выводы об интервале, содержащем истинные значения параметров, определяющих решение.

Второй — выбор значения этих параметров из объективно определенного интервала. Он осуществляется волевым решением, основанным на опыте и интуитивно-логическом понимании закономерностей и тенденций управляемого процесса.

Основной закономерностью процесса разрешения неопределенности \mathcal{E}_n является зависимость величины интервалов, содержащих истинное значение параметров от величины объективной информации I об этих параметрах.

Чем меньше информации, тем шире интервалы, т.е. область возможных значений параметров L , тем выше роль субъективных факторов в принятии решения, и наоборот. В случае полного отсутствия объективной информации об управляемом процессе область возможных значений параметров L совпадает с областью их определения $\text{sup}L$.

В общем виде зависимость степени разрешения неопределенности решения от количества объективной информации $\mathcal{E}_n = f(I)$ представлена на рис.1.

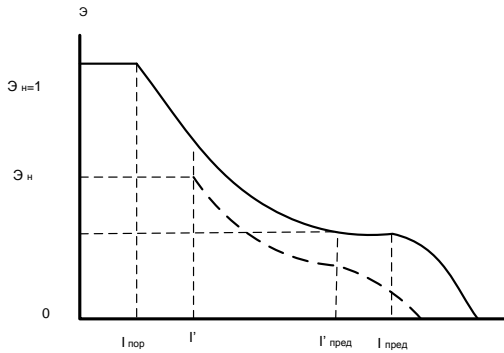


Рис.1

Здесь $I=0$ – полное отсутствие информации. $I_{пор}$ – это то минимальное (пороговое) количество исходной информации, ниже которого никаких суждений по поводу принимаемого решения сделать нельзя. $I_{пред}$ – максимальное количество информации, которое может быть использовано при принятии решения, когда ее дальнейшее накопление не уменьшает область возможных значений параметров L . I' – величина заранее накопленной информации. Каждому количеству заранее накопленной информации соответствует величина начальной неопределенности решения \mathcal{E}_n .

Зависимость степени разрешения неопределенности субъективного выбора от количества информации подчиняется тем же закономерностям, которые свойственны первому подпроцессу принятия решений, что и отражено на рис.1. Вид функции $\mathcal{E} = f(I)$ для одного и того же решения существенно зависит от величины начальной неопределенности \mathcal{E}_n , характеризующей уровень знаний в данной предметной области.

Проведенный анализ информационных аспектов принятия решений позволяет в качестве универсального критерия эффективности СППР принять остаточную энтропию решения $\mathcal{E}_{ост}$.

Наряду с абсолютным критерием $\mathcal{E}_{ост}$ удобно пользоваться относительной оценкой эффективности СППР

$$R = 1 - \frac{\mathcal{E}_n}{\mathcal{E}_n} < R_{max} = 1 - \frac{\mathcal{E}_{ост}}{\mathcal{E}_n} \quad (7)$$

где R_{max} – предельно возможная эффективность СППР, когда вся объективная информация $I_{пред}$ необходимая для принятия решения, собрана и $\mathcal{E} = \mathcal{E}_{ост}$. Величина R характеризует качество самой процедуры принятия решения, т.е. эффективность ее организации, применяемых методов и технических средств.

Практическое назначение критерия $\mathcal{E}_{ост}$ и его аналога R заключается в том, что с их помощью можно сравнивать и оценивать эффективность внедрения в практику принятия решений различных информационных технологий (ИТ) составляющих структуру СППР.

Для реализации предлагаемого этого подхода необходимо:

- провести специальные исследования структуры управления организации,
- упорядочить и классифицировать принимаемые решения по содержанию и количеству потребной информации,
- установить объемы информационного обмена между звеньями управленческой структуры в процессе подготовки и принятия решения.

Для каждого класса решений необходимо определить время T , выделенное на принятие решения и зависимость $\mathcal{E}_{ост}$ и R от трудозатрат на сбор и обработку информации в существующем режиме управленческой деятельности. Гипотетическая зависимость эффективности СППР от трудозатрат «с» представлена на рис.2.

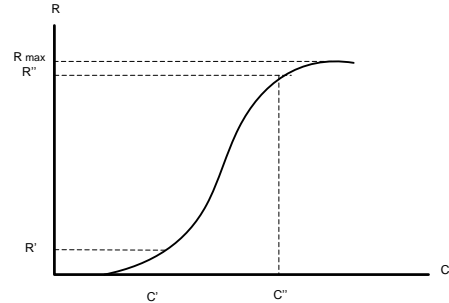


Рис.2.

Такой же вид имеет и зависимость $\mathcal{E}_{ост} = f(c)$.

Эти зависимости отражают ресурсный аспект проблемы принятия решений. Как видно из рис.2, для каждого класса решений существует некоторый диапазон (c', c''), определяемый количеством информации в диапазоне ($I_{пор} - I_{пред}$) (см. рис.1) в котором увеличение трудозатрат существенно сказывается на улучшении качества решения. Верхний предел этого диапазона «с» можно принять в качестве оценки "стоимости" подготовки информации для каждого рассматриваемого класса решений, поскольку за пределами «с» дальнейшие затраты малоэффективны. Следует отметить, что в реальных организациях чрезвычайно сложно организовать работу большого коллектива специалистов по сбору и обработке информации в пределах ограниченного времени, выделенного на принятие решения. Наши исследования показывают, что качество принимаемых решений на отраслевом уровне управления, как правило, не превышают значений

$$R = 0.5 - 0.6, \text{ тогда как } R_{max} > 0.85 - 0.9.$$

Идея выбора рациональной структуры СППР основана на сопоставлении эффективности процедуры принятия решений без применения СППР с эффективностью процедуры принятия того же решения, принимаемого с использованием СППР различной конфигурацией ИТ.

Пусть задано некоторое количество U Возможных конфигураций ИТ $v \in U$. Критерий эффективности конфигурации ИТ с будет иметь вид

$$Q_v = \frac{R_v}{R_{max}} \quad (8)$$

Критерии Q_v показывают, во сколько раз увеличивается вероятность принятия лучшего решения при использовании ИТ v -ой конфигурации.

Для выбора подходящей конфигурации ИТ СППР по критерию "эффективность - стоимость" необходимо знать зависимость эффективности ИТ от затрат на ее покупку, внедрение и эксплуатацию. Общий вид зависимости $Q = f(c)$ представлен на рис.3.

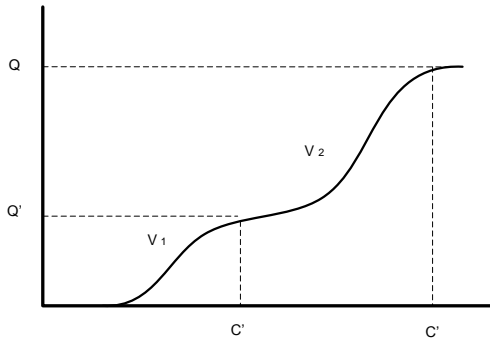


Рис.3.

Характер зависимости $Q(C)$ говорит о том, что относительно недорогие конфигурации ИТ, включающие стандартные базы данных, ПС и т.п., быстро исчерпывают свои возможности и затраты на их совершенствование после некоторого критического значения не эффективны. Переход к более сложным ИТ, включающим базы знаний, экспертные системы, интеллектуальные системы, модели предметной области, а также новые системы коммуникаций, новые технические и программные средства, требуют значительных финансовых затрат, но и дают возможность существенно повысить качество принимаемых решений.

Критерий $Q = f(C)$ позволяет количественно соизмерить затраты с ожидаемым эффектом повышения качества управления организацией и на этой объективной основе выбирать наиболее подходящую структуру СППР. Следует подчеркнуть, что критерий эффективности СППР - $Q = f(C)$ исчисляется как гарантированная (предельная) оценка, т.е. предполагается, что принятие решений происходит в наихудших условиях. Это позволяет в максимальной сте-

пени освободиться от субъективных моментов в оценке СППР.

Возможны и другие постановки задачи выбора рациональной конфигурации ИТ в СППР. Например, в некоторых ОС качество управления определяется в первую очередь быстротой принятия решений, т.е. основным критерием является время T . При этом, решение может быть принято только в том случае, когда собрана и обработана необходимая информация, т.е. достигнута определенная степень разрешения неопределенности $\mathcal{E}I$.

Использование СППР должно повысить скорость поиска, передачи и обработки информации и уменьшить время принятия решения по сравнению с ситуацией, когда СППР не применяется.

Если средства для создания СППР фиксированы, т.е. определена ее предельная стоимость - $C_{пред}$, то задача может быть сформулирована так:

найти такую конфигурацию ИТ в СППР - V_{opt} , которая доставляет

$$\min TV_{opt} \text{ при } \mathcal{E}I < \mathcal{E}I_{доп} \text{ и } C < C_{пред},$$

где $\mathcal{E}I_{доп}$ допустимая величина остаточной энтропии решения.

Если ограничений на стоимость СППР не накладывается, то может быть определено некоторое желательное минимальное время принятия решения $T_{пред}$. В этом случае конфигурация ИТ СППР выбирается по $\min C$ при условиях $T < T_{пред}$ и $\mathcal{E}I < \mathcal{E}I_{доп}$.

Реализация предлагаемого подхода связана с необходимостью исследования действующих СППР для построения рассмотренных выше зависимостей $\mathcal{E}I = f(I)$, $\mathcal{E}_{ост} = f(C)$, $Q = f(C)$ и создания нормативной базы для элементов, составляющих различные конфигурации ИТ СППР.

Литература:

- 1.Цыгичко В. Н. Прогнозирование социально-экономических процессов / Предисл. Д. М. Гвишиани. Изд. 3-е. перераб. и доп. М.: Книжный дом «ЛИБЕРКОМ», 2009. 240 с.
2. Черешкин Д.С. Модель процесса принятия решений в организационной системе. //Проблемы современной науки и образования №32 (114), Изд. "Проблемы науки", г. Иваново, 2017. С.16-24