

Методы системного анализа и проектирования информационных систем

I. Основы системного анализа

3. Затраты ресурсов на проведение системного анализа. Виды проблем, решаемых с помощью системного анализа

3.1. Затраты и проблемы в проведении системного анализа

3.2. Критерии эффективности системотехнических комплексов

3.3. Комплексные и системные критерии эффективности сложных систем

3.4. Выбор показателя эффективности, математическая постановка задачи

3.3. Комплексные и системные критерии эффективности сложных систем

Комплексные и системные критерии (K_K , K_S , в общем случае K) рассчитываются в тех случаях, когда необходимо оценить эффективность конкретного модуля, подсистемы или системы в целом по заданным частным критериям K_1, K_2, \dots, K_n ее составляющих.

При этом любой K_i зависит от совокупности параметров x_1, x_2, x_3, \dots

Нахождение комплексного или системного критерия включает три проблемы:

- I. проблему свертки* (определение вида функции комплексного критерия K в зависимости от частных критериев K_i);
- II. проблему нормировки* (приведение разноразмерных критериев K_i к безразмерным величинам);
- III. проблему ограничений* (необходимость учета в K технических требований и ограничений на возможности системы).

I. Проблема свертки. Заданы частные критерии K_i как безразмерные параметры. Ограничения отсутствуют.

Необходимо получить:

$$K = f(K_1, K_2, \dots, K_n)$$

Свертка может быть выполнена одним из следующих способов.

1. Получение K как взвешенного аддитивного критерия

$$K = \sum_{i=1}^k \alpha_i K_i^- - \sum_{i=k+1}^n \alpha_i K_i^+,$$
$$i = 1, 2, \dots, k, \dots, n$$

2. Получение K как взвешенного мультипликативного критерия

$$K = \frac{\prod_{i=1}^k \alpha_i K_i^-}{\prod_{i=k+1}^n \alpha_i K_i^+}$$

3. Получение K как минимаксного критерия

$$K = \max_i \min_x K_i(x)$$

4. Получение K как некоторой функциональной зависимости

$$K = f(K_1, K_2, \dots, K_n).$$

В формулах приняты следующие обозначения:

K_i^- - частные критерии, значения которых в процессе оптимизации надо уменьшать;

K_i^+ - частные критерии, значения которых в процессе оптимизации надо увеличивать;

α_i — весовые коэффициенты, субъективно задаваемые пользователем в зависимости от важности частного критерия K_i

II. Проблема нормировки частных критериев.

Нормировка – процесс приведения разноразмерных критериев K_i к безразмерным значениям \bar{K}_i для возможного их сопоставления.

Нормировка выполняется одним из следующих методов.

Приведением к новой (минимальной) оси K_{\min} :

$$\bar{K}_i = \frac{K_i(x) - K_{i\min}}{K_{i\max} - K_{i\min}}$$

Приведение к новой (средней) оси K_{srd}

$$\overline{K}_i = \frac{2K_i(x) - (K_{i\max} + K_{i\min})}{K_{i\max} - K_{i\min}}$$

Нормировка весовых коэффициентов

$$\overline{\alpha}_i = \frac{\alpha_i}{\sum_{i=1}^n \alpha_i}; \quad \sum_{i=1}^n \overline{\alpha}_i = 1.$$

III. Проблема учета ограничений. Возможен учет трех типов ограничений:

- ❖ ограничения на внутренние параметры x_i ;
- ❖ ограничения на выходные параметры, вошедшие в критерий $K_i(x)$ (критериальные ограничения);
- ❖ ограничения на выходные параметры, не вошедшие в критерий $K_i(x)$ (функциональные ограничения).

Ограничения учитываются в критерии оптимальности (методы безусловной оптимизации) или в алгоритме оптимизации.

Все описанные критерии успешно применяются в методах принятия решений. Последние подразделяются на:

- ❑ математические (для хорошо формализуемых объектов);
- ❑ эвристические (в случае невозможности формализации).

3.4. Выбор показателя эффективности, математическая постановка задачи

Предположим, что первый этап исследования системы завершен.

Определены проблемы, границы исследования, цель и задачи функционирования системы.

Тогда можно приступить к выбору показателя эффективности функционирования, по значению которого можно судить о том - достигает система цели или нет, а если достигает, то насколько.

Таким образом, показатель эффективности должен быть мерой достижения цели.

Поэтому ***под показателем эффективности функционирования сложной системы понимается такая ее числовая характеристика, которая оценивает степень приспособленности системы к достижению поставленной перед ней цели.***

В общем случае, выполнение операций, составляющих функционирование системы, сопровождается элементами случайности, отсюда факт достижения цели, как правило, не может быть точно предсказан, т. е. будет случайным.

Поэтому в качестве показателей эффективности принимаются неслучайные характеристики случайной величины.

В частности, для оценки ожидаемой эффективности деятельности некоторого предприятия могут быть приняты следующие два типа показателей эффективности.

Первый - вероятность события, например выполнения заказа в заданное время.

Второй - математическое ожидание (среднее значение), если целью является достижение максимальной производительности.

Для оценки больших по объему, сложных по физической сущности процессов возникает необходимость привлечения нескольких показателей. Один из них должен быть основным, остальные - дополнительными. Основной должен соответствовать главной цели функционирования. Дополнительные - характеризовать состояние элементов, пространственно-временные и другие условия или ограничения.

Например, если предприятие имеет цель выполнить заказ, то основным показателем эффективности может быть вероятность его выполнения в заданное время.

Дополнительными показателями могут стать расход материальных средств, энергии и т.п. Если при этом решается прямая задача исследования систем, то обычно основной показатель максимизируется за счет соответствующего построения функционирования, а дополнительные показатели выступают в виде ограничений. При решении обратной задачи основной показатель фиксируется на заданном критическом уровне и становится одним из ограничений, а один из бывших дополнительных показателей, например, материальные ресурсы, минимизируется.

В связи с этим, ***при решении обратной задачи исследования систем показатель степени приспособленности системы к достижению цели называют целевой функцией, которая по существу играет ту же роль, что и показатель эффективности.***

Если сложные системные операции, составляющие в целом функционирование системы, могут быть разделены на составные части, каждая из которых оценивается независимо, как решения частной задачи, то в этом случае применяются главный и частные показатели. Частными показателями оценивается эффективность решения частных задач.

Главным показателем оценивается конечный результат. Для его вычисления, как правило, необходимо предварительно вычислить частные критерии.

В общем случае основные, дополнительные, главные или частные показатели эффективности (целевые функции) должны быть критичными (чувствительными) к структуре системы, свойствам и количеству ее элементов. Только тогда их можно использовать для оценки степени достижения цели различных альтернативных вариантов функционирования системы и только тогда могут быть получены правильные для принятия решений рекомендации.

После выбора показателя эффективности (целевой функции), являющегося фактически математической мерой цели исследования системы, записанной, как правило, в виде функционала от характеристик системы, формулируется математическая постановка задачи.

Математическая постановка задачи соответствует словесной постановке и представляет собой совокупность математических выражений показателя эффективности (целевой функции), а также ограничений области исследований (значений выходных характеристик системы) начальных и предельных значений входных характеристик системы и времени.

Математическая постановка задачи обязательно предшествует разработке моделей функционирования исследуемой системы третьего уровня иерархии, особенно математических моделей.