УДК 621.01:534

**ОЦЕНКА СЛОЖНОСТИ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ**

**Черченко Е. С., студент; Синюкова Т.Б., ст.преподаватель**

*(Донецкий государственный технический университет, г. Донецк, Украина)*

  Одной из проблем анализа системы является оценка ее сложности. Сложность системы является качественной характеристикой.

Необходимость оценки сложности систем обусловлена потребностью в определении эксплуатационных, технологических, технико-экономических и проектных характеристик создаваемых или существующих систем. Эти характеристики должны давать оценку системы, независимо от вида системы, а также давать основания для принятия решений о выборе принципов построения проектируемых и методов изучения существующих систем.   
     Известны подходы, в которых сложность системы определяется [1]:

* + - количеством элементов и связей системы;
    - числом состояний системы;
    - объемом вычислений, необходимых для изучения системы.

Эти подходы являются узконаправленными и не позволяют в полной мере оценить сложность системы.

Сложность системы должна зависеть от ее структуры, однако количество элементов и связей прямо не влияют на сложность системы. Возможен случай, когда сложность системы, состоящей из двух элементов, выше сложности системы, состоящей из 10 элементов. Такая ситуация возможна, если структура и поведение второй системы точно известны, а первая система обладает некоторой неопределенностью. Субъективно, сложность системы для человека связана с понятностью ее структуры и предсказуемостью поведения. Т.е. система является сложной до тех пор, пока мы не знаем или не понимаем, как она устроена. Поэтому, одной из составляющих показателя сложности системы является степень соответствия представления о системе (описания, модели) реальной системе.

С другой стороны, время и затраты на изучение (создание) системы являются другими составляющими показателя сложности.

 Время и затраты на изучение (создание) системы зависят от применяемых методов. Поэтому сложность системы также зависит и от сложности применяемых методов изучения (создания).

Исходя из вышесказанного, сложность C системы S можно оценивать затратами E, временем T, сложностью методов M и степенью соответствия A:

C = <T, E, M, A>,

где T [0; ∞]; E [0; ∞]; M [0; ∞]; A [0; 1].

Сложность по параметру T определяет время, необходимое для изучения (создания) системы с затратами E при использовании методов M и достигаемой степени соответствия A.

Сложность по параметру E определяет затраты (труда, ресурсов, энергии), необходимые для изучения (создания) системы за время T при использовании методов M и достигаемой степени соответствия A.

Сложность по параметру M определяет сложность методов, необходимых для изучения (создания) системы за время T с затратами E и достигаемой степенью соответствия A (учитывается квалификация специалистов, приборы, оборудование, методики, алгоритмы).

Параметр A определяет степень соответствия модели (проекта) системе реальной (требуемой), достигаемую за время T с затратами E при использовании методов M.

Все четыре составляющие показателя сложности в совокупности позволяют оценить сложность конкретной системы, если их значения получены каким-либо образом. Эти параметры взаимосвязаны и взаимозависимы: каждый параметр зависит от трех других.

Для некоторых граничных значений параметров может быть определена интерпретация, приведенная в таблице 1.

Таблица 1 - Интерпретация граничных значений параметров

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **T** | **E** | **M** | **A** | **C** | **Интерпретация** |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | Простейшая система |
| - | - | - | 1 | - | Система принципиально познаваема (создаваема) полностью |
| - | - | - | 0 | - | Система принципиально не познаваема (не создаваема) |
| T | - | - | 0 | - | Система не познаваема (не создаваема) за время T |
| - | E | - | 0 | - | Система не познаваема (не создаваема) при затратах E |
| - | - | M | 0 | - | Система не познаваема (не создаваема) методом M |
| - | - | - | A | - | Система познаваема (создаваема) до степени A |
| - | - | - | A | ∞ | Система не познаваема (не создаваема) до степени A |
| ∞ | - | - | - | ∞ | Сложнейшая система по времени |
| - | ∞ | - | - | ∞ | Сложнейшая система по затратам |
| - | - | ∞ | - | ∞ | Сложнейшая система по методам |

Не существует понятия сложности системы вообще - сложность относится к виду взаимодействия с системой. Будем различать следующие виды сложности:

* сложность анализа существующей системы;
* сложность синтеза новой системы;
* сложность тиражирования созданной системы;
* сложность репродукции существующей системы.

Под ***анализом*** будем понимать процесс изучения системы, при котором решается задача построения её модели. Эта модель может быть системой знаний, математической моделью, инструкцией по эксплуатации, технической документацией и т.п. В процессе такого анализа важно оценить, насколько модель соответствует реальной системе (параметр A), насколько сложны методы ее изучения (параметр M) и сколько требуется времени (параметр T) и средств (параметр E) для построения модели системы.

Очевидно, что одной реальной системе могут соответствовать несколько получаемых моделей различной сложности. Выбор той или иной модели определяется именно сложностью анализа при ограничениях на параметры сложности. Например, при ограниченности возможных затрат и доступных методов за приемлемое время можно изучить систему (построить ее модель) лишь с определенной степенью соответствия. При появлении дополнительных ресурсов и новых методов в дальнейшем можно будет получить более адекватную модель. Именно по этому пути идет процесс познания - итерационного снижения сложности изучаемых систем различной природы.

Обычно мотивацией для дальнейшего изучения системы является стремление достичь более высокой степени соответствия знаний о ней (A→1), когда выясняется, что система ведет себя не так, как предполагалось. Фактически возникающее уменьшение параметра A увеличивает сложность системы, и требуется применить некоторые методы M в течение определенного времени T с некоторыми затратами E для снижения сложности системы C.

Под ***синтезом*** будем понимать процесс создания системы S, соответствующей требуемой системе S**0** (спецификациям, техническому заданию на систему, требованиям). Очевидно, что созданная система S будет соответствовать требуемой системе S**0** лишь с некоторой степенью A. Это - типичная ситуация для сложных систем, когда они не реализуют ряд требуемых функций и выполняют ряд не заданных функций.

 Одной требуемой системе S**0** могут соответствовать несколько создаваемых систем {S}, и выбор конкретной системы, опять-таки, определяется сложностью синтеза. Невозможно сразу создать идеальную модель системы (A=1) ввиду ограниченности параметров сложности и проблематичности точной оценки параметра A, поэтому создание систем идет путем снижения ограничений и уменьшения параметра A. Кординальная переделка системы возникает лишь тогда, когда сложность создания новой системы с использованием других методов становится ниже сложности совершенствования существующей системы.

После того, как требуемая система создана, следует оценить сложность ее анализа (освоения) для пользователей. Снижение сложности анализа для пользователей может достигаться путем создания наиболее адекватной ее модели (документации, инструкций, обучающей системы) разработчиками этой системы.

Под ***тиражированием*** понимается процесс создания N экземпляров системы после создания первого образца.  В самом худшем случае сложность тиражирования равна произведению числа экземпляров на сложность синтеза одного экземпляра.

Более предпочтительна ситуация, когда затраты на тиражирование малы, как например копирование программ или ксерокопирование документов. В этом случае сложность тиражирования гораздо ниже сложности создания первого образца. При таком копировании мы получаем очень высокую степень соответствия, небольшое время копирования, невысокие затраты, но применяем сложные методы.

В случае, когда требуется получить большое количество экземпляров, суммарная сложность значительно возрастает за счет увеличения времени (при последовательном процессе копирования) и затрат. Одним из путей снижения сложности в этом случае является самовоспроизведение, которым пользуются живые организмы. Самовоспроизведение является параллельным иерархическим процессом, что позволяет снижать время и затраты на тиражирование систем.

Под ***репродукцией*** понимается процесс создания аналога существующей системы. Обычно репродукция выполняется в два этапа: сначала проводится изучение исходной системы S**0** и строится ее модель S**A**, а затем из модели S**A** синтезируется аналог S**S**. Сложность репродукции складывается из сложности двух этапов преобразования S**0** →анализ→S**A**→синтез→ S**S**:

C = <T**А** + T**S** , E**A** + E**S** , M**A** + M**S** , A**A** \* A**S**>

   Проблема многозначного выбора на обоих этапах преобразований решается путем выбора минимальной сложности.

**Оценка степени соответствия знаний о системе реальной системе.** Знания о системе выражаются в знании ее структуры и поведения. Структура системы определяется множеством ее элементов и связей между ними. Поведение системы определяется множеством функций, выполняемых системой. Поэтому будем рассматривать систему в виде тройки множеств:

S**0** = <E**0**, L**0**, F**0**>

где E**0** - множество элементов, L**0** - множество связей элементов, F**0** -множество функций системы S**0**.  
    Допустим в процессе анализа системы S0 получены знания о ней в виде системы:

S = <E, L, F>

   Степень соответствия системы S системе S**0** можно выразить отношением следующего вида:

 , (1)

при этом A **∈** [0;1].

Формула (1) имеет общий вид, однако реально она применяется к каждому из составляющих множеств системы < E, L, F >. Поэтому имеет смысл говорить о степени соответствия систем по каждому из этих множеств A=<AE,AL,AF>:

* ****- степень соответствия элементов систем;
* - степень соответствия связей элементов систем;
* - степень соответствия функций системы.

  Общий показатель A может быть получен по следующей формуле:

.

**Динамические системы.** Будем называть динамической такую систему, у которой в течение жизненного цикла изменяются множества элементов, связей и функций:

S0(t)= <E0(t), L0(t), F0(t)>.

   Сложность динамической системы определяется ее сложностью на каждый момент времени t:

C(t)= <T(t), E(t), M(t), A(t)>.

В течение жизненного цикла общая сложность системы определяется интегралом сложностей системы на каждый момент времени. Очевидно, что сложность динамической системы гораздо выше сложности аналогичной статической системы. Сложность динамической системы уменьшается, если известны законы ее изменения, позволяющие легко определить (предсказать) структуру и поведение системы в любой момент времени. В этом случае сложность системы определяется в основном сложностью открытия соответствующих законов.

**Степень соответствия функций систем.** Множество функций системы F**0** определяется множеством элементарных функций ее элементов F**E** и множеством функций, получаемых путем композиции элементарных функций элементов на основе связей L0. Назовем все множество функций, реализуемых системой, замыканием множества элементарных функций элементов относительно связей и обозначим как F**0**+. Множество F0+ состоит из множества элементарных функций элементов FE, а также функций, выводимых из множества с учетом связей L0 на основе некоторых аксиом вывода (композиции) функций.   
 При этом множество известных функций зависит от знания функций каждого элемента и их связей. Поэтому формулу можно заменить на формулу:



Задача оценки AF усложняется, если система является динамической и составы множеств EF и L0 изменяются во времени, т.к. изменяется множество .

**Сложность методов.** Сложность методов M можно оценивать на основе того же подхода, что и оценка сложности системы:

M= <TM, EM, MM, AM> ,    (2)

где TM - время изучения (создания) метода;  
    EM - затраты на изучение (создание) метода;  
      MM - сложность методов изучения (создания) метода;  
     AM - степень соответствия освоения (создания) метода.

Как видно из (2) сложность методов вносит рекурсивность в оценку сложности систем. Очевидно, на практике всегда можно остановиться на некотором уровне оценки сложности методов для получения общей оценки M.  
 Рассмотренный подход к оценке сложности систем является универсальным. Его можно применять для оценки сложности любой изучаемой или создаваемой системы. В данном подходе акцент делается не на самой системе, а на процессе ее изучения или создания. Поэтому в данном подходе рассмотрены следующие аспекты взаимодействия с системой: анализ, синтез, тиражирование,репродукция. Данный подход применим в любой области деятельности. Везде, где возникает вопрос о сложности, следует оценить четыре ее составляющие - время, затраты, методы и степень соответствия.

Перечень ссылок

1. Лавинский Г.В. Построение и функционирование сложных систем управления. - К.: Вища школа, 1989.