

УПРАВЛЕНИЕ

Как и большинство слов, термин «управление» является многозначным, употребляется в разных смыслах. В данной главе мы обсудим те его значения, детали и нюансы, которые употребимы в ходе прикладного системного анализа, т.е. в процессе решения проблемы (но используются и в других областях).

Исходным является определение управления как *целенаправленного воздействия на систему*.

Это перефразировка понятия «преобразовательная деятельность», введенного ранее: субъект старается изменить реальность, приблизить ее состояние к желаемому. В процесс управления вовлечены составляющие его компоненты. Следовательно, мы должны подвергнуть понятие управления анализу.

4.1. Аналитический подход к управлению: пять компонентов управления

Первым компонентом управления является сам *объект управления, управляемая система*.

Обозначим выходы некоторой системы S символом $Y(t)$, а входы ее разделим на управляемые $U(t)$ и неуправляемые, но наблюдаемые $V(t)$ (рис. 4.1). Мы знаем, что есть входы и ненаблюдаемые, неизвестные нам, но неизвестное невозможно включить в модель иначе, как через понятие стохастичности: наблюдаемые величины оказываются случайными. И даже при этом остается то неизвестное, что не отображено случайностью известного.

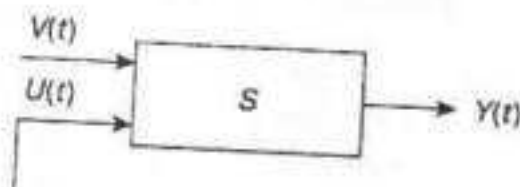


Рис. 4.1

Само выделение управляемых входов означает, что мы рассматриваем систему S как объект управления. Выходы $Y(t)$ являются результатом преобразования системой S входов $V(t)$ и $U(t)$: $Y(t) = S[V(t), U(t)]$, что позволяет воздействовать на $Y(t)$ путем выбора различных управлений $U(t)$ (заметим, что приведенная символика верна только для безынерционных систем, хотя в реальности выход системы зависит не только от входов в данный момент времени, но и от их предыстории. Однако для наших целей это пока несущественно).

Вторым обязательным компонентом системы управления является цель управления. Мы подробно обсудили понятие цели в главе 2 при рассмотрении проблемы целесообразности всех систем. Напомним только, что в наше понятие цели входит не только конечное желаемое состояние системы (T^*, Y^*) , но и весь желаемый путь к ней $Y^*(t)$ (рис. 4.2). Напомним также, что как бы мы ни старались учесть все ограничения при формулировке цели, она остается субъективной: во-первых, мы учли только то, что нам известно, а наши знания все-таки ограничены; во-вторых, как именно и насколько правильно мы это сделали — итог нашей работы, неизбежно несущей отпечаток личности. Так что вопрос о фактической достижимости поставленной цели с помощью системы S остается открытым до начала самого процесса управления.

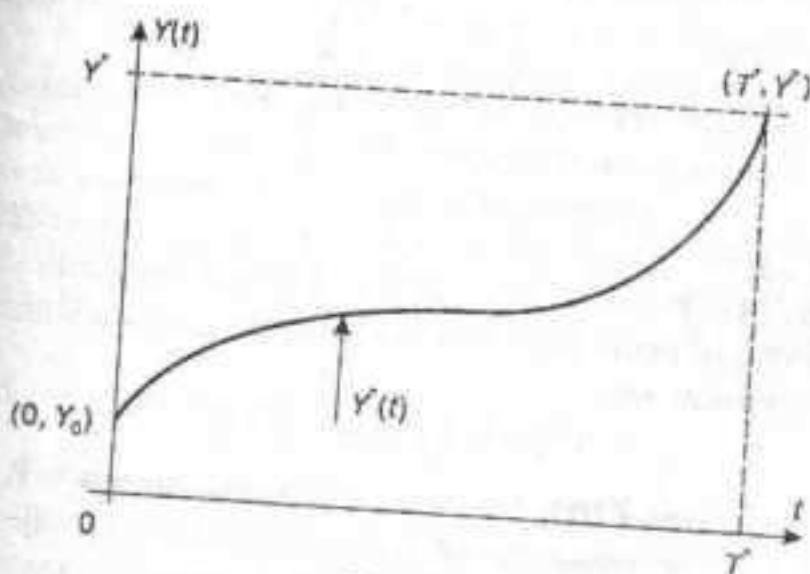


Рис. 4.2

Управляющее воздействие $U(t)$ есть третий компонент управления. Тот факт, что входы и выходы системы связаны между собой некоторым соотношением $Y(t) = S[V(t), U(t)]$, позволяет надеяться на то, что существует такое управляющее воздействие $U^*(t)$, при котором на выходе реализуется цель $Y^*(t)$.

$$Y^*(t) = S[V(t), U^*(t)]. \quad (4.1)$$

Но как узнать, действительно ли оно существует, и если да, то каково оно?

Для этого нужно решить уравнение (4.1) относительно $U^*(t)$. В этом уравнении известны $Y^*(t)$ (задано) и $V(t)$ (наблюдается), но оператор S обычно неизвестен, что делает задачу неразрешимой. Выход все равно надо искать, и это приводит к двум типам управления.

Первый состоит в том, чтобы подать на управляемый вход какое-либо воздействие $U_i(t)$ и посмотреть, что получится. Если на выходе получится цель $Y^*(t)$ — нам крупно повезло. Если нет — подать какое-то другое воздействие $U_j(t)$ и пронаблюдать результат. И действовать так и дальше до достижения нужного результата, т.е. искать нужное воздействие $U^*(t)$ путем перебора воздействий на самой системе S . Иногда такой способ оказывается единственно возможным (например, поиск выхода из лабиринта), но чаще такой способ управления является неразумным по ряду причин. Например, множество возможных $U(t)$ может быть настолько большим (и даже бесконечным), что надеяться на случайное удачное попадание нереально. Другая важная причина — высокие потери при неверном решении. Например, S — школа, $U(t)$ — методика обучения, $Y(t)$ — выпускники школы. Ясно, что метод перебора тут неуместен. Поэтому поиск нужного управляющего воздействия на самом управляемом объекте часто является неразумным, неприемлемым.

Второй подход основан на использовании всей имеющейся информации об управляемом объекте. Это означает, что поиск нужного управления следует осуществлять не на самой системе, а на ее модели.

Таким образом, модель системы становится четвертой составляющей частью процесса управления. Вместо решения уравнения (4.1) мы теперь должны решить относительно управляющего воздействия $U_m^*(t)$ уравнение

$$Y^*(t) = S_m[V(t), U_m^*(t)], \quad (4.2)$$

в котором известны $Y^*(t)$, $V(t)$ и S_m — модель системы. В принципе (оставим в стороне технические трудности) такое уравнение может быть решено. Это и будет рациональным, разумным управлением.

Конечно, поиск управления на модели тоже требует потерь (расходы на процесс моделирования), но эти потери несравнимо меньше тех, которые мы понесли бы, ища нужное управление на самой системе.

Все действия, необходимые для управления, должны быть выполнены. Данная функция возлагается обычно на специально создаваемую для этого систему (пятую составляющую часть процесса управления).

...аемую блоком управления или системой (подсистемой) управле-
... управляющим устройством и т.п. В реальности блок управления
... может быть подсистемой управляемой системы (как заводоуправление —
... часть завода, автопилот — часть самолета), но может быть и внешней
... системой (как министерство для подведомственного предприятия, как
... аэропортовый диспетчер для идущего на посадку самолета). Налицо
... сложности построения модели состава, обсужденные в главе 2.

Итак, схема управления может выглядеть так, как она представ-
... на рис. 4.3, на котором обозначены все пять составляющих про-
... цесса целевого управления.

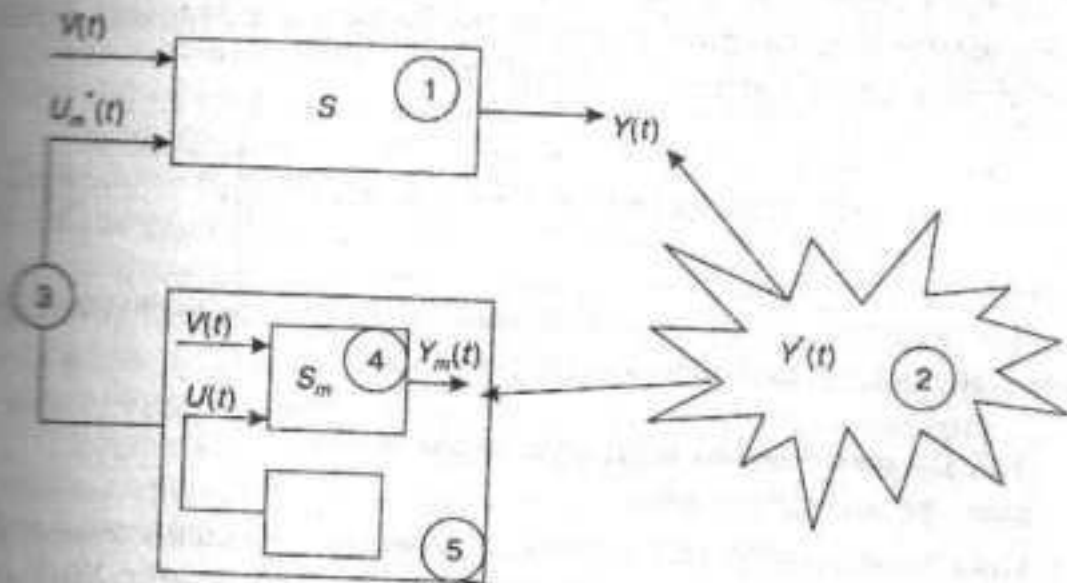


Рис. 4.3

Попутным, но очень важным результатом является то, что мы
... выполнили два первых обязательных шага процесса управления:

- 1) найти на модели системы нужное управляющее воздействие $U_m^*(t)$;
- 2) исполнить это воздействие на системе.

4.2. Этап нахождения нужного управления

Как использовать модель S_m для поиска наилучшего управляю-
... щего воздействия? Употребив оценочное слово «наилучший», мы
... должны точно указать, в каком смысле употребляется эта оценка, т.е.
... указать критерий качества. Ясно, что управление тем «лучше», чем
... «ближе» выход системы $Y(t)$ к цели $Y^*(t)$. Но искать-то это управле-
... ние мы будем на модели, поэтому на этапе поиска управления нам
... придется считать наилучшим то управление $U_m^*(t)$, которое макси-
... мально приблизит к $Y^*(t)$ выход модели $Y_m(t)$.

Если выходы $Y_m(t)$ измеримы численно, то вводится некоторый числовой критерий («расстояние» между двумя функциями) $r = r(Y^*(t), Y_m(t))$, который равнялся бы нулю при совпадении сравниваемых функций и возрастал при любом их различии. Таких «расстояний» можно ввести много и по-разному. Например:

$$r_1 = \max_t |Y_m(t) - Y^*(t)|, \quad r_2 = \int_{t_1}^{t_2} [Y_m(t) - Y^*(t)]^2 dt.$$

Выбрав некоторую меру различия двух функций, нам остается решить задачу на отыскание такого $U_m^*(t)$, которое доставляет функционалу r минимум (лучше — ноль):

$$U_m^*(t) = \arg \left\{ \min_{\{U(t)\}} r[Y^*(t), Y_m(V(t), U(t))] \right\}. \quad (4.3)$$

Для целей, задаваемых нечисловым способом, все равно вводятся какие-нибудь оценки близости результата к цели.

4.3. Синтетический процесс