Для решения ряда задач обработки (например восстановления) изображений необходимо знание оператора системы. Этот оператор рассчитывают на этапе проектирования с использованием физических и математических моделей видеотракта. Вследствие неизбежных упрощений, связанных как с недостаточной изученностью явлений, так и с вычислительными аспектами оператор системы нуждается в уточнении. Для этого проводят испытания, заключающиеся в «предъявлении» на вход системы известного изображения. Затем по входному изображению и результатам его регистрации на выходе системы строится оптимальная, в некотором смысле, модель. Эта задача известна как идентификация систем. Обычно она формулируется (в узком смысле [30]) как задача оценки параметров модели системы формирования изображений из априори заданного класса. Наиболее широко используются описанные линейные модели типа (1.140) и/или



с постоянными по пространственным координатам параметрами (ЛПП-системы). Вычислительные преимущества, связанные с применением таких моделей, очевидны. Если в действительности искажения оказываются пространственно-зависимыми (неизопланатичными), то, как указывалось выше, линейные модели с постоян­ными параметрами строят на малых фрагментах изображений.

Для формулировки задачи идентификации указанных линейных моделей мы должны внести в уравнения (1.140), (1.149) некоторые важные дополнения. Во-первых, нельзя оценить бесконечное число значений импульсной характеристики, то есть число слагаемых в правой части (1.140) всегда ограничено. Во-вторых, задача идентификации решается по результатам измерений, которые всегда содержат погрешности. С учетом сказанного уравнения перепишем, соответственно, в виде

В (10.1), (10.2) используются те же обозначения, что и в (1.140), (1.149). Дополнительно введены лишь обозначения для ошибок 5*g(n],n2)* (измере­ний, ограничений на порядок модели и др.), а фигурирующая в (10.2) ошибка £(/||,«2) определяется как

(10.3)

Модель, описываемую уравнением (10.1), в соответствии с принятой в пер­

вой части книги терминологией далее будем называть КИХ-фильтром, а мо­дель, соответствующую уравнению (10.2) — БИХ-фильтром. Поскольку зада­ча идентификации должна решаться по совокупности отсчетов *f(n]yn2)* вход­ного (неискаженного) и *g(n]tn*2) выходного (искаженного) изображений, для дальнейшего изложения удобно от уравнений (10.1), (10.2) перейти к их мат­ричным представлениям.

Рассмотрим уравнение (10.2). Предположим, что общее число коэффициен­тов {<?,„, ,Ш2 }, {^т,,т2} этого уравнения равно *М*, а фрагмент на выходном изоб­ражении содержит *N* различных отсчетов *g(nitn2).* Отсчеты, фигурирующие в правой части (10.2) при одном из фиксированных положений (п,,и2) выходно­го отсчета, можно представить в виде элементов вектор-строки:

(Ю.4)

а соответствующий вектор искомых параметров будет иметь вид

Заметим, что размерность вектора искомых параметров зависит от порядка передаточной функции системы, то есть от размеров опорных областей как на входном, *так и на выходном* изображении.Для *N* различных положений опорных областей из векторов-строк (10.4) составим М<Л/-матрицу X, а из *N* отсчетов *g(nltn2)* на выходном изображе­нии и N соответствующих им ошибок *£}(п],п2)* составим Ах 1-векторы у и £, соответственно. Если вектор параметров с остается неизменным при любом положении опорной области на фрагменте (для ЛПП-систем это всегда вы­полняется), с использованием введенных обозначений можно записать следу­ющее матричное равенство:

(10.6)

Задача заключается в том, чтобы по одной реализации (фрагменту изобра­жения) построить оценку с вектора параметров с по доступным для непо­средственного наблюдения АхМ-матрице X и Ах 1-вектору у (А> Л/), при не­известном Ах 1-векторе ошибок *%.*

Аналогичное матричное равенство можно построить для модели (10.1) КИХ-фильтра. Сопоставив приведенные выше обозначения с (10.1) нетрудно за­метить, что вектор искомых параметров с в данном случае представляется в виде

а каждая строка матрицы X состоит из отсчетов только входного изображения:

*.*

Постановка задачи идентификации модели КИХ-фильтра формально со­впадает с задачей идентификации БИХ-фильтра. Важные отличия состоят в следующем. Компоненты Ах1-вектора ошибок £ в данном случае не зависят от полезных сигналов (отсчетов поля яркости выходного изображения), как это имеет место в (10.3) для БИХ-фильтра. Кроме того, размерность вектора искомых параметров зависит лишь от размеров опорной области на входном изображении. Это оказывается существенным для рассматриваемых в настоя­щей главе методов. Подчеркнем, что с точки зрения задачи идентификации порядок обхода точек на фрагменте (изображении) не играет роли. Это при­водит лишь к перестановке строк в уравнении (10.6). В то же время примене­ние оцененных моделей КИХ и БИХ-фильтров существенно различается.

Пусть имеется полезный сигнал — последовательность . Однако непосредственному наблюдению (измерению) он недоступен. В нашем распо­ряжении имеется лишь сигнал  (результат прохождения сигнала через некоторую «искажающую» систему), дополнительно искаженный шумом  (см. рис. 1.1).

Требуется восстановить полезный сигнал по наблюдаемому. Для этого не­обходимо синтезировать такую восстанавливающую систему (фильтр), чтобы при подаче на ее вход наблюдаемого сигнала на выходе получалась бы оценка  полезного сигнала (см. рис. 1.2).

Далее мы сузим класс рассматриваемых сигналов и систем.

Во-первых, в большинстве практически важных случаев искажения сигна­ла удается описать моделью ЛПП-системы, рассмотрением которой мы и огра­ничимся. Будем считать, что известна ее импульсная характеристика . Тогда наблюдаемая последовательность запишется в виде

. (3.39)

Соотношение (3.39) задает так называемую линейную модель наблюдения в дискретном времени.

Во-вторых, восстанавливать сигнал будем также при помощи ЛПП-системы:

, (3.40)

где  — импульсная характеристика восстанавливающей ЛПП-системы.

В-третьих, и полезный сигнал , и шум  будем считать стационар­ными случайными последовательностями, статистические характеристики которых известны.

Заметим, что, поскольку все преобразуемые последовательности случай­ны, то и ошибка восстановления в каждый момент времени случайна:

. (3.41)







Искажающая

система