

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИНВАРИАНТНОСТИ В ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

УДК 681.324

РОЖКОВ Сергей Александрович

д.т.н., доцент, заведующий кафедрой эксплуатации судового электрооборудования
и средств автоматики Херсонской государственной морской академии.

Научные интересы: управление в сложных технических системах, системы распознавания.

e-mail: rozhkov_ser@rambler.ru

АКТУАЛЬНОСТЬ ПРОБЛЕМЫ

Современные методы борьбы с помехами в задачах передачи видеосигнала практически достигли своего предела совершенства, однако цифровое телевидение не обеспечивает полного сохранения потока информации при возникновении помех [1, 8, 10].

Задача повышения помехоустойчивости передачи информации, в том числе и видеоинформации, требует описания процесса приема и передачи информации в обобщенных переменных. Такими переменными могут быть оценки информационных потоков в системах приема/передачи [7, 9, 14, 15].

АНАЛИЗ ДОСТИЖЕНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

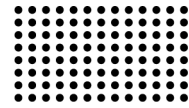
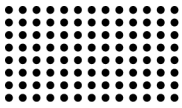
На сегодняшний день общепринято считать одним из лучших критериев качества совмещения - взаимную корреляцию между эталоном и объектом [2, 5, 6, 12, 16, 17, 19]. Однако для нечеткой модели нет возможности определить качество совмещения, так как нет возможности определить причину возникновения ошибки. Для помехоустойчивости добиться сокращения цифрового потока можно с помощью внутрикадрового кодирования - сокращения пространственной избыточности в пределах кадра телевизионного изображения. Эта избыточность вызвана сильными корреляционными связями между элементами изображения. С помощью соответствующего ортогонального преобразования можно преобразовать массив отсчетов изображения в матрицу коэффициентов, которые уже не будут коррелированы друг с другом, и к этим некоррелированным

коэффициентам можно применить энтропийное кодирование.

Постановка задачи. Изучение и обоснование возможности построения критерия совмещения визуальной модели и объекта, который позволяет оценить локальные отклонения модели от объекта.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Концепция компенсации информационных потоков, а именно изображения, предполагает последовательную компенсацию поля изображения за счет формирования поля эталона из доступных для генератора эталонов. Исходя из концепции представления изображения как совокупности геометрических объектов, целесообразно рассматривать операцию соответствия изображения реального объекта и его геометрической модели. Основной идеей использования геометрического моделирования в задачах распознавания образов является геометрическое согласование [4 - 6]. При данном подходе подразумевается наличие исходной гипотезы, которая описывается как задача создания соответствующего изображения на ее основе с использованием знаний об условиях анализа видеокadra. Как правило, алгоритмы фрагментации изображений основываются на одном из двух базовых свойств сигнала яркости: разрывности и однородности. В первом случае подход состоит в разбиении изображения на основании резких изменений сигнала, таких как перепады яркости на изображении. Вторая категория методов использует разбиение изображения на области, однородные в



смысле заранее выбранных критериев. Примерами таких методов могут служить пороговая обработка, слияние и разбиение областей [6].

Построение алгоритма для анализа изображения представляет собой несколько этапов. Вначале следует найти межкадровое расстояние, которое смещается относительно контрольных точек в зоне наибольшей точки движения. Затем следует нахождение средних точек между минимальным и максимальным смещением в точках центров инерции (центроидов) и построение маски либо графа. В данном случае следует воспользоваться сигнатурой, которая является описанием границы объекта с помощью одномерной функции зависимости расстояния от центроида (от средней точки объекта) до границы объекта в виде функции угла. Во время данной процедуры на изображении определяются точки с максимальной контрастностью в порядке убывания, которые являются центрами областей с наибольшим уровнем яркости. Таким образом, система управления определяет области, обладающие максимальным количеством информации.

Имея область преобразования и зная ее значения на границе, можно определить положение контура, в котором заключены максимумы информации. Рассматривая эти области последовательно по мере увеличения, можно найти все объекты, которые находятся в поле изображения и формируют кадр. Таким образом, во время процедуры вся область изображения разбивается на фрагменты, выделяются области основных фигур и в них определяется локальный минимум. Определяются ожидаемые размеры фигуры, затем из библиотеки с эталонами берется допустимая фигура, которая компенсирует данный фрагмент.

При создании систем управления с помощью устройств, которые работают в условиях неопределенности и получают информацию при анализе последовательности изображений в виде кадра, очень важным является операция фрагментации изображения кадра на изображения элементов кадра [6, 8, 12]. Одним из методов фрагментации является метод, основанный на использовании модифицированного преобразования Радона [3, 4]. Данная процедура сходится по критерию максимальной разности, а алгоритм фрагментации основан на последовательной компенсации фрагмен-

тов изображения, имеющих наибольший вес в преобразовании.

С позиции геометрического моделирования выдвигаемая гипотеза представляет собой описание сложного, с точки зрения геометрии, объекта, как совокупности более простых геометрически объектов. Представляя входную информацию как совокупность регулярно-го сигнала и некоторой случайной составляющей сигнала, получим задачу минимизации влияния случайной составляющей.

Как показано в [11, 12, 19], приемник может обрабатывать информацию по двум алгоритмам:

1. Прямое преобразование информации, которое удовлетворяет условию (1) и решает задачу нахождения оператора A для критерия J при отклонении по возмущению G :

$$\left. \begin{array}{l} A \rightarrow \text{extr} J \\ G = G_0 \end{array} \right\} \quad (1)$$

В этом случае при нахождении оператора A должны быть известны все внешние возмущения.

2. Второй алгоритм подразумевает наличие обратной связи, то есть компенсацию внешнего информационного потока, воздействующего на систему.

Интересен для данного вопроса метод компенсации информационных потоков для двойственной задачи, который предполагает использование корреляционной меры близости. [3 – 6, 12, 17] Корреляционный критерий обладает большим преимуществом – взаимодействием. Однако обнаружить и оценить ошибку достаточно сложно, особенно если ошибка модели не коррелирована с объектом.

Естественно возможность использования данного критерия зависит от характера целевой функции. Логично, что генерируемая в процессе минимизации невязки последовательность управлений тем короче, чем точнее модель соответствует объекту. Процедура минимизации в данном случае выполняется от минимального размера модели на поле фрагмента до возникновения существенной ошибки модели. Как показали ранние эксперименты, корреляционный критерий показывает на хорошее совпадение модели и объекта, а критерий максимальных отклонений дает гораздо более осторожную оценку.

Таким образом, в данной задаче возможно использование критерия эквивалентной корреляции. Однако корреляционный критерий не позволяет определить ошибки. Для решения задачи проверки гипотезы используется простая компенсация поля изображения. В данном случае необходимо различать ошибку, связанную с неправильным выбором модели, и ошибку, связанную с незавершенностью процедуры и несущественными отклонениями модели от объекта.

Собственно, проблема заключается в том, что образ в общем случае соответствует не одна функция, а множество функций, что связано с различием условий предъявления и изменчивостью образа.

В данной системе поставлена задача нахождения для критерия I при известных алгоритмах обработки и управления U такого управления и последовательности сигнала, которые доставляли бы экстремум этого критерия:

$$\left. \begin{aligned} x^*, u^* &\rightarrow \min I \\ A &= A(x, u, t) \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Информация [11, 16] не предполагает строго количественного эквивалента, подобно энергии или материи, а исходя из предположений, обоснованных в [2, 19], информация I – это причина действий. Однако, в задаче с обратной связью необходим генератор сигналов,

компенсирующий внешнее воздействие. В данной задаче компенсирующего преобразования этой необходимости можно достигнуть только за счет применения интеллектуальной системы обработки информации в приемнике. Естественно, что в этом случае алгоритм функционирования приемника становится сложным, однако система приобретает структурную инвариантность, и при этом может быть достигнута полная помехоустойчивость в канале связи.

На сегодняшний день проблема инвариантности, а именно проблема построения системы, у которой качество работы не зависит от возмущений в пространстве объектов, является основной в задачах создания систем распознавания образов. В теории управления решение данного вопроса сформулировано признаком абсолютной инвариантности. Для реализуемости абсолютно инвариантной системы в ней необходимо иметь два канала: канал по отклонению и по возмущению. Таким образом, инвариантная система должна содержать канал определения возмущения и канал формирования отрицательной обратной связи – канал по отклонению.

На рис. 1. показана структурная блок-схема предлагаемой системы обработки информации.

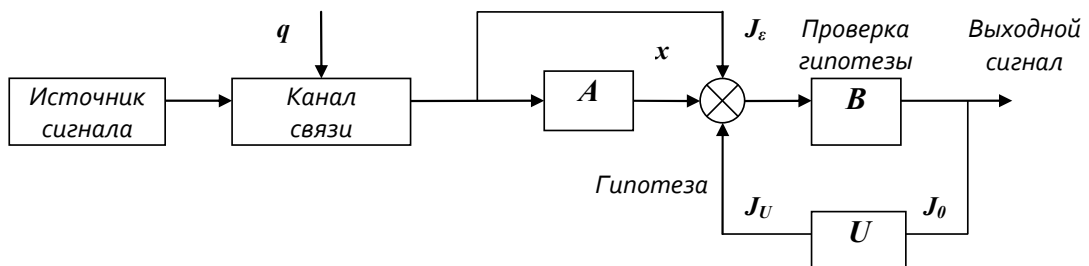


Рисунок 1 – Структурная блок-схема системы обработки информации

$$\left. \begin{aligned} J_{0/\epsilon} \hat{a} &= J_u, \\ J_\epsilon \hat{a} - J &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Поведение помехи в пространственной области основано на статистических свойствах значений яркости компоненты этого возмущения. Эти значения яркости изображения могут рассматриваться как случайные величины, которые характеризуются функцией плотности распределения вероятностей.

Возможны различные способы использования системы с обратной связью в дискретном канале. Обычно

их подразделяют на два типа: системы с информационной обратной связью и системы с управляющей обратной связью. Возникновение информационных потоков можно представить себе как генерацию и движение наборов данных, связанных по смыслу с определенным видеопотоком, которое воспринимается как некоторый смысловой блок. Таким образом, характеристики информационного пространства изначально определяются структурой сетевого смыслового пространства [7, 9 - 11].

Информационная мера обладает преимуществом инвариантности, что важно при неопределенности, которая формируется в случае возмущения в пространстве объектов. При анализе воздействия ошибок на кодовые векторы в кодовом пространстве вводится метрика. Метрическим пространством называется множество, в котором определено расстояние между любой парой элементов. При этом любое нормированное пространство можно превратить в метрическое, определив функцию расстояния:

$$a(I_1, I_2) = \|I_2 - I_1\| \quad (4)$$

В этой задаче наибольший практический интерес представляет метрика Хэмминга. Вес вектора v по Хэммингу равен числу ненулевых разрядов этого вектора, а расстояние Хэмминга между векторами v_j и v_k определяется как вес разности векторов v_j и v_k [3, 4]

Достоинством системы с принципом управления по возмущению состоит в том, что можно реализовать принцип инвариантности (нечувствительности). С помощью управляющего воздействия можно компенсировать влияние возмущения [13, 16, 19]. Таким управляющим сигналом может быть устройство в цепи обратной связи – ПИД-регулятор, используемый в системах автоматического управления. Для того, чтобы применить данный тип регулирующего управления, необходимо составить функционал от переменных управления и состояния процесса, наложить ограничения на эти переменные и затем с помощью одного из методов вариационного исчисления определить закон управления или управляющей последовательности, доставляющий функционалу максимум или минимум.

Основная идея этого подхода заключается в определении закона оптимального управления, минимизирующего или максимизирующего некоторую совокупность критериев качества. Закон управления выражает управляющее воздействие в виде функции координат состояния объекта, что в результате приводит к системе с обратной связью.

Таким образом, следует реализовать задачу оптимизации управления, где необходимо найти такую последовательность управлений $U_1 \dots U_n$ между входящим образом и генерируемым эталоном, которая позволит генерировать наборы геометрических образов с минимальной ошибкой по совпадению с оригинальным, исходным образом. При этом качество будет

определяться не функцией, а функционалом, так как имеется несколько шагов нахождения переменной.

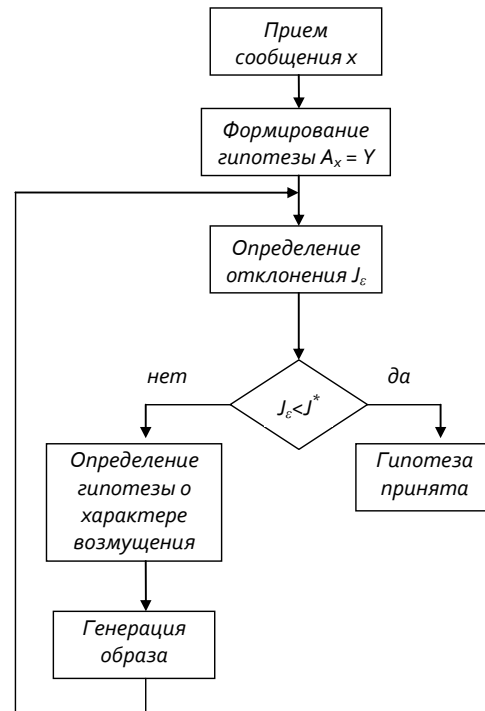


Рисунок 2 – Алгоритм фильтрации

Для реализации системы управления следует выбрать метрику, в которой будет измеряться отклонение, то есть минимум максимальной ошибки на траектории линии связи. Таким образом, величина отклонения J_ϵ должна оцениваться по максимальной ошибке, что дает сильный оптимум. Анализ характера траекторий показывает, что необходим последовательный обход самых значимых элементов кадра без замкнутого движения в области одного из фрагментов с дальнейшим переходом к анализу следующей области.

Полагая, что имеется стационарная и оптимальная система управления, рассмотрим сходимость последовательности U при правильном выборе образа. Очевидно, что последовательность $U = U_1 \dots U_n$ будет сходиться к некоторому управлению U_0 , которое определяется генерацией именно этого образа.

Таким образом, дополнительные затраты управления на трансформацию и преобразование образа в конце процесса должны стремиться к нулю, а, следовательно, в качестве меры отклонения возможно использовать анализ сходимостей последовательностей управления.

Изображение неразрывно связано с маской, определенной на конкретном уровне функции принадлежности, также изображения формируются не из отдельных деталей фрагментов кадра, а из полных изображений фрагментов. Каждый фрагмент имеет свой фильтр, зависящий от положения фрагмента в кадре. Таким образом, для генератора эталонов целесообразно формировать изображение как функцию принадлежности и при переходе к формированию кадра использовать определенную маску на заданном уровне принадлежности.

Подвергая анализу границы области преобразования, необходимо найти координаты глобального минимума и оценку эффективной ширины области минимума. После этого используя аффинное преобразование исходного эталона, формируется фрагмент компенсирующего изображения, учитывая снижение значения критерия компенсации, в качестве которого использована разность между максимальным и мини-

мальным значениями на границе результирующей области преобразования.

Перемножив поэлементно матрицу изображения и маску фрагментов, получим изображение, которое состоит из важных фрагментов. В данном случае используются следующие два основных параметра для установления сходства пикселей контура: величина отклика оператора градиента, определяющая значение пикселей контура; и направление вектора градиента. Наилучший подход для данной задачи представляет собой преобразование Хаафа.

ВЫВОДЫ

Реализация алгоритма инвариантной фильтрации возможна при условии наличия системы управления генерацией образов с обратной связью, которая имеет мощность, достаточную для генерации сложных образов, которые могут быть реализованы.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Baklanov I.G. Tehnologija ADSL /ADSL2+. Teorija i praktika primenenija. – M.: Izd-vo Jeko-trends, 2007. – 384 s.
2. Brazhnik D.A. Informacionnaja model' invariantnoj sistemy raspoznavanija /D.A. Brazhnik, F.B. Rogal'skij, V.A. Tkach //Problemy informacionnyh tehnologij. – 2009. – №1 (005). – S.31-37.
3. Gonsales R., Vuds R. Cifrovaja obrabotka izobrazhenij. – M.: Tehnosfera, 2005. – 1072 s.
4. Gonsales R., Vuds R., Jeddins S. Cifrovaja obrabotka izobrazhenij v srede MATLAB. – M.: Tehnosfera, 2006. – 616 s.
5. Grenander U. Lekcii po teorii obrazov /U. Grenander: v 3-h t. – T.2. Analiz obrazov; pod red. Zhuravleva, per.s angl. I.Gurevicha. – M.: Mir, 1981. – 448 s.
6. Gruzman I.S. Cifrovaja obrabotka izobrazhenij v informacionnyh sistemah: Uchebnoe posobie /I.S. Gruzman, V.S. Kirichuk, V.P. Kosyh, G.I. Peretjagin i dr. – Novosibirsk: Izd-vo NGTU, 2002. – 352 s.
7. Ershov V.A. Mul'tiservisnye telekommunikacionnye seti /V.A. Ershov, V.N. Kuznecov. – M.: MGTU im. N.Je. Baumana, 2003. – 432 s.
8. Katys G.P. Vosprijatje i analiz opticheskoj informacii avtomaticheskoi sistemoj. – M.: Mashinostroenie, 1986. – 416 s.
9. Landje D.V. Poisk znaniy v Internet. – M.: Dialektika, 2005. – 272 s.
10. Marder N.S. Sovremennye telekommunikacii. – M.: IRIAS, 2006. – 384 s.
11. Metody robustnogo, nejro nechjotkogo i adaptivnogo upravlenija: Uchebnik /Pod red. N.D. Egupova, 2 e izd. – M.: Izd-vo MGTU im. Baumana, 2002. – 744 s.
12. Prjett U. Cifrovaja obrabotka izobrazhenij: Per. s angl. – M.: Mir, 1982. – Kn.1. – 312 s.
13. Rotach V.Ja. Teorija avtomaticheskogo upravlenija /V.Ja. Rotach. – M.: Izd-vo MJeI, 2004. – 400 s.
14. Sinopol V.S. Sistemy komp'juternoj konferencsvjazi /V.S. Sinopol, I.A. Cikin. – M.: OOO Mobil'nye kommunikacii, 1999. – 166 s.
15. Skljар B. Cifrovaja svjaz'. Teoreticheskie osnovy i prakticheskoe primenenie. – M.: Vil'jams, 2003. – 1103 s.
16. Spravochnik po teorii avtomaticheskogo upravlenija /A.A. Krasovskij; pod. red. A.A. Krasovskogo. – M.: Hauka, Gl.red.fiz.-matemat. lit., 1987. – 712 s.
17. Tu Dzh., Gonsales R. Principy raspoznavanija obrazov. Per. s angl. B. Gurevicha, pod red. Ju.I. Zhuravleva. – M.: Mir, 1978. – 407 s.
18. Held G. Tehnologii peredachi dannyh. – M.: Piter, 2003. – 720 s.
19. Hraplivyj A.P. Ispolzovanie metoda kompensacii informacionnyh potokov pri sozdanii sistem avtomaticheskogo raspoznavanija /A.P. Hraplivyj, S.A. Rozhkov, T.I. Ternovaja, D.A. Brazhnik //Avtomatika, Avtomatizacija. Jelektrotehnicheskie komplekсы i sistemy. – 1998. – №2. – S.93-100.

Рецензент: *д.т.н., доц. Рудакова А.В.,
Херсонский национальный технический университет.*