

МОДЕЛЬ АНАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ОПЕРАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В УЧРЕЖДЕНИЯХ ГОСУДАРСТВЕННОГО СЕКТОРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ OLAP-ТЕХНОЛОГИИ

УДК 004.652.6

А. В. Ахрамович, С. В. Валенда, И. Л. Чваркова, С. Г. Тихоненко, БГУ, г. Минск

Аннотация

В статье рассматривается задача анализа данных для мониторинга и построения отчетности операционной деятельности учреждений в государственном секторе. Рассмотрены современные подходы к решению этой проблемы, предложена модель системы, позволяющая осуществлять многосторонний анализ разнородных данных, используемых в деятельности учреждения, в реальном масштабе времени, а также рассмотрены примеры использования разработанной модели системы анализа деятельности медицинского учреждения и структурных подразделений правоохранительных органов.

Введение

Хранение, обработка и анализ данных играют ключевую роль в деятельности любого современного предприятия. Термин «хранилище данных» представляет собой понятие о базе данных, разработанной в целях упрощения процессов подготовки отчетов, проведения анализа и последующего принятия управленческих решений. Необходимая для этого цифровая информация может быть представлена в виде отсканированных документов, электронных таблиц, реляционных и многомерных баз данных и т.д. От сотрудников государственных учреждений зачастую требуют вести отчетность, которая строится на основе накопленной информации за различные промежутки времени. Анализ накопленной информации позволяет получить данные как для контроля непосредственной деятельности учреждений, так и для получения различного рода статистических показателей, используемых для улучшения организации работы подобных учреждений. При этом имеют преимущества информационно-аналитические системы, базирующиеся на использовании технологии OLAP (аналитической обработке в реальном времени). Применение такой технологии позволяет анализировать сложные данные в реальном масштабе времени и представлять отчеты любой степени сложности для исследования внутренних процессов учреждения [1].

Модели многомерного представления данных

Широко используемые на практике системы хранения данных разрабатываются, как правило, в целях дальнейшего выполнения операций над ними. Анализ информации путем ее извлечения из нескольких десятков отдельно взятых таблиц реляционной базы данных является технически сложной задачей. Для того чтобы отобразить в отчете некоторый набор данных, необходимо выполнить сложный запрос к базе данных, учитывая структуру самих таблиц и связей между ними.

В целях устранения перечисленных выше недостатков, присущих всем операционным базам данных, на их основе создаются специализированные хранилища данных, главной задачей которых является их представление в удобном для анализа виде. Высокая степень агрегации данных. собранных в единое хранилище, позволяет выполнять запросы и формировать необходимые отчеты за более короткое время при меньшей сложности самих запросов. По истечении некоторого промежутка времени данные в хранилище устаревают и нуждаются в обновлении.

Использование такого подхода в решении проблем анализа данных не является максимально эффективным: данные по-прежнему хранятся в отдельных связанных между собой таблицах и для вывода зависимостей между ними необходимо каждый раз выполнять сложный запрос к базе данных.

С учетом этого нами была разработана модель многомерного представления данных, основанная на использовании OLAP-технологии. Ее основная особенность заключается в том, что в модели не существует отдельных таблиц, а все данные связаны между собой при помощи ключевых признаков. Модель позволяет конечному пользователю находить скрытые связи между признаками, основываясь только на данных хранилища, производить вычисления и выполнять анализ по атрибутам признаков, тем самым обеспечивая необходимую детализацию данных и поиск зависимостей.

Структура данных в разработанной модели содержит множество агрегированных данных, что позволяет повысить производительность системы. Использование агрегированных данных предоставляет конечному пользователю возможность выполнить анализ, например, на уровне целой страны, а затем перейти к рассмотрению подробной информации на уровне области, города, улицы, продолжая оставаться в рамках одного отчета.

Основные положения OLAP-системы

В основе любой OLAP-системы лежит специально спроектированное хранилище данных, которое наследует свойства как навигационных, так и иерархических баз данных. Как правило, это хранилище строится на основе уже существующей базы данных или другого источника данных, что позволяет производить комплексный анализ собранной информации. В OLAP-системах данные представляются в виде куба, ячейки которого соответствуют некоторым исследуемым событиям (фактам). Каждое событие может быть описано рядом измерений, соответствующих граням куба. Если атрибутов N у исследуемого события больше 3, то многомерное представление данных описывается N-мерным гиперкубом [2].

При проектировании хранилища данных наиболее широко применимы схемы организации таблиц «звезда» и «снежинка». Отличие между ними заключается в том, что в схеме «снежинка» таблицы измерений нормализованы с рядом других связанных таблиц измерений, в то время как в схеме «звезда» таблицы измерений полностью денормализованы: каждое измерение представлено в виде единой таблицы. Выбор той или иной схемы организации таблиц в хранилище данных зависит от поставленной перед разработчиком задачи. Для сложных систем с большим количеством показателей предпочтение отдается схеме «снежинка», т.к. такая схема обладает определенными преимуществами: оптимизация для работы с инструментами OLAP, наглядностью модели данных, сокращением избыточности в таблицах измерений. Наряду с

перечисленными достоинствами данной схеме присущи и некоторые недостатки, наиболее значимая из которых снижение скорости обработки запросов сложного вида к такой базе данных.

Обе описанные модели представлены центральной таблицей фактов, связанной с множеством измерений. Она содержит понятия о событиях, которые, будучи выраженными при помощи численных данных, представляют собой сведения об определенном анализируемом процессе. Главной целью введения таблиц измерений является необходимость описания измерений некоторыми наборами атрибутов [3].

Основной особенностью многих операционных баз данных является тот факт, что данные в них претерпевают постоянное обновление и изменение. Как следствие. содержимое многомерной базы данных также должно обновляться. Согласно методике хранения данных в многомерном пространстве, могут быть выделены следующие основные категории OLAP-систем [4]:

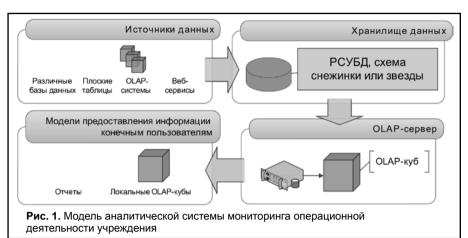
многомерная (MOLAP), в которой данные хранятся в отдельном оптимизированном многомерном хранилище. Технология MOLAP предполагает предварительную операцию построения куба и последующее сохранение информации, что позволяет достичь высокой скорости выполнения запросов при некоторых временных затратах на построение куба;

реляционная (ROLAP), в которой все измерения хранятся в реляционной базе данных, что позволяет обойтись без затратной по времени операции построения куба при повышении времени выполнения запросов. Технология ROLAP предполагает использование специально спроектированного реляционного хранилища данных для измерений;

гибридная (HOLAP), представляющая собой смешанный тип, при котором большие объемы данных хранятся в реляционных таблицах.

Обобщенная модель разработанной аналитической системы мониторинга операционной деятельности учреждения

В обобщенной модели системы, основанной на использовании OLAP-технологии, можно выделить следующие основные компоненты: источники и хранилище данных, OLAP-сервер и информацию для конечных пользователей (рис. 1).



В качестве источников данных могут выступать источники различного типа [4], зачастую информация в них избыточна. Несмотря на то что не существует ограничений для типов источников данных, можно выделить наиболее распространенные из них: реляционные базы данных, плоские файлы (например, таблицы Microsoft Excel, CSV-таблицы), другие OLAP-системы, веб-сервисы (RSS, WSDL, CSDL).

В OLAP-системах хранилище данных используется как наиболее оптимальный источник информации для построения OLAP-куба, что обусловлено следующими факторами:

наряду с необходимой для OLAP-системы информацией источники данных могут содержать и избыточную информацию, что может привести к усложнению модели и снижению скорости работы системы;

к данным, на основе которых строится OLAP-кvб, зачастую предъявляются особые требования (например, денормализация). Выполнения такого требования для некоторых источников данных может быть затруднительным или даже невыполнимым;

как правило, создание OLAP-куба требует больших вычислительных мощностей. В случае использования хранилища данных перенос информации из исходных источников в хранилище может быть организован с учетом минимизации нагрузки на источники данных.

Одним из программных продуктов, позволяющих строить OLAP-кубы на основе хранилищ данных, является Microsoft Business Intelligence Development Studio. Для построения OLAP-куба в данной среде разработчику вначале необходимо выбрать хранилище данных как источник информации, а затем определить таблицы фактов, измерений и их иерархии, связи между разными сущностями в названной модели. Также процессы осуществляются в полуавтоматическом режиме, когда программное обеспечение самостоятельно выбирает наиболее подходящие опции для каждого шага, оставляя разработчику возможность корректировать данный набор параметров [5].

Конечные пользователи названной системы используют построенный куб как для просмотра стандартных отчетов, предоставляемых системой, так и для формирования собственных отчетов с помощью установленного программного обеспечения (например, Microsoft Excel). Дополнительно существует возможность организации работы пользователей непосредственно с локальной копией OLAP-куба либо с использованием информационного портала как центра-

лизованного интерфейса доступа к данным отчетности и мониторинга деятельности учреждения.

Модель анализа деятельности правоохранительных органов

В этом разделе рассмотрено применение разработанной модели аналитической системы для мониторинга операционной деятельности правоохранительных органов. Согласно требованиям, регламентирующим деятельность правоохранительных органов на территории Республики Беларусь, при совершении правонарушения заполняются следующие основные регистрационные формы (карточки) [7] о:

преступлении;

лице, совершившем преступление;

подозреваемом, обвиняемом;

физическом лице, потерпевшем в результате преступления.

Принимая во внимание стандартные регистрационные формы, можно проследить основные виды возможных связей: преступление - сотрудник, расследующий дело; преступление – оружие и т.д., но отражение более сложных связей при такой организации данных является затруднительным. Применение реляционного хранилища данных позволяет решить эту проблему, связав, к примеру, персональные сведения о подозреваемом с конкретной статьей правонарушения (проследив зависимость применимости конкретной статьи от условного типа подозреваемых).

Задача анализа данных решалась в несколько этапов. На первом этапе была построена абстрактная модель хранилища данных, содержащая следующие таблицы: «Преступление», «Подозреваемый», «Потерпевший», представляющие собой измерения в хранилище данных. Фактом или процессом, которые в дальнейшем будут анализироваться, являются статус уголовного дела или

сам факт совершения преступления. Также следует отметить, что в любом отделении правоохранительных органов хранится общая база данных по всем зарегистрированным лицам, аналогом которой стала таблица «Лицо». Исходя из этого, хранилище данных было спроектировано таким образом, чтобы наиболее близко соответствовать структурам баз данных, применяемых в государственных правоохранительных органах.

В качестве центральной выбрана таблица фактов, содержащая информацию о совершенном преступлении. в частности: уголовное дело возбуждено или закрыто (рис. 2). Ее основной целью является построение связей между фактами и описывающими их измерениями. Записи по всем заведенным уголовным делам содержатся в соответствующей таблице, в которой также находится информация. напрямую связанная с преступлением: оружие, уровень алкоголя в крови подозреваемого и др.

Особенностью созданного хранилища данных является использование единой картотеки, содержащей данные по всем лицам, которые зарегистрированы в общей базе правоохранительных органов (гражданские лица, сотрудники милиции, подозреваемые и др.) Этот факт позволяет рассматривать любого зарегистрированного человека в качестве возможного соучастника преступления. Единая картотека является аналогом реальной модели, используемой в органах правопорядка. Каждое зарегистрированное лицо содержит уникальный идентификационный номер, а также полную информацию, способную представлять интерес для следствия.

Для моделирования перечня статей по различным правонарушениям была введена отдельная таблица, содержащая основные статьи Уголовного кодекса. Ключевой информацией в данном контексте являются номер статьи и наказание за определенное преступление.

Совершенные преступления и лица, зарегистрированные в картотеке, связаны с уникальным географическим адресом. Это позволяет проследить плотность распределения преступлений в каждом отдельно взятом регионе.

Таблицы «Подозреваемый», «Потерпевший» и «Сотрудник» реализуют тип связи «многие ко многим» и связаны с единой картотекой лиц.

Время как ключевое измерение в любой многомерной базе данных описано при помощи отдельной таблицы и представлено следующими атрибутами: день и номер недели, название месяца, номер месяца по порядку, а также полная дата.

Для организации данных в единую структуру использована модель «снежинка». Измерения нормализованы для представления в виде нескольких таблиц. Про-

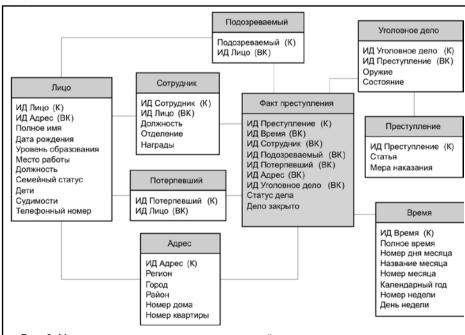


Рис. 2. Модель хранилища данных аналитической системы мониторинга деятельности правоохранительных органов

межуточные таблицы введены для реализации связей «многие ко многим».

Полученное хранилище данных заполнялось при помощи случайных тестовых значений. В картотеке содержались данные о 300 зарегистрированных лицах, 100 из которых являлись подозреваемыми. Правонарушения представлены при помощи 1000 записей в таблице «Преступление».

На втором этапе решения задачи анализа данных создана многомерная база данных, фактическими записями которой является статистика преступлений со всеми необходимыми для исследования показателями. Итоговые диаграммы и сводные таблицы, представляющие собой готовые отчеты, были построены при помощи программного продукта Microsoft Excel на основе данных, полученных из OLAP-куба в Business Intelligence Development Studio. Использование приведенных отчетов позволяет производить углубленный анализ данных, определять скрытые закономерности и находить пики различных событий. На основании разработанной модели аналитической системы получены следующие основные отчеты о:

распределении количества заведенных уголовных дел по дням недели в контексте выбранного географического региона;

преступлениях, совершенных в течение определенного сезона года, в развертке по дням недели;

количестве раскрытых преступлений, связанных с уровнем образования сотрудника правоохранительных органов;

криминогенной обстановке в выбранном городе, рассмотренной относительно дней недели. Данная выборка позволяет определить пики преступной активности;

количестве совершенных преступлений определенным лицом относительно его семейного статуса, должности, уровня образования и др.;

статистике по определенному виду оружия, связанному с выбранной статьей Уголовного кодекса.

Таким образом, основываясь только на информации, содержащейся в стандартных регистрационных формах, заполняемых на месте преступления, можно получить различные отчетные данные. Количество уголовных дел и их статус могут быть показаны в проекции на выбранный географический регион либо применительно к определенному отделению правоохранительных органов, сотруднику, подозреваемому и т.д. Реляционные данные могут быть представлены в развертке на различные атрибуты измерений: уровень образования подозреваемого, его семейный статус, оружие и др.

Модель анализа деятельности медицинских учреждений

Другим примером применения разработанной модели аналитической системы является мониторинг операционной деятельности поликлиники. В данной модели можно выделить следующие составляющие: пациенты, врачи, заболевания, лекарства, лечебные процедуры и анализы.

Для построения аналитической системы спроектировано многомерное хранилище данных в соответствии со схемой «снежинка». В качестве таблицы фактов выбрана таблица посещений поликлиники пациентами. Она содержит поля, отвечающие за связь данных из таблицы фактов с данными из таблицы измерений, а также набор некоторых числовых показателей (например, температуру и давление поступившего пациента). В соответствии с данной моделью были выделены следующие измерения:

полная информация о времени посещения поликлиники пациентом;

информация о врачах поликлиники: ФИО, должность, телефон и т.д.;

информация о пациентах поликлиники: ФИО, телефон, адрес, день рождения и т.д.;

измерения заболеваний, в котором хранятся описания заболеваний;

информация о лекарственных средствах: описания, показания к применению, противопоказания и т.д.:

информация о лечебных процедурах;

информация о жалобах пациентов;

информация об анализах, содержащих как различные типы анализов, так и их результаты.

Каждое посещение кабинета врача из таблицы фактов связано с одним врачом, пациентом, а также закреплено за определенным моментом времени. Дополнительно посещение может быть связано с одним или несколькими заболеваниями, анализами, лечебными процедурами и лекарственными препаратами (рис. 3).

Для удобства последующего анализа данных в дан-

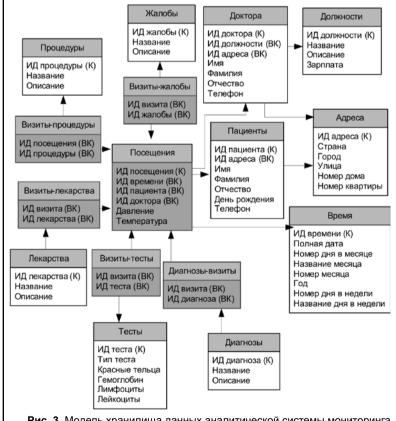


Рис. 3. Модель хранилища данных аналитической системы мониторинга деятельности поликлиники

 \square



ной модели были выделены следующие иерархии:

времени (год. месяц, неделя, день);

адресов (страна, город, улица, номер дома, номер квартиры):

должностей сотрудников (должность, зарплата).

На основе разработанной модели для анализа деятельности поликлиники были сформированы следующие отчеты о (об):

загруженности сотрудников медицинского учреждения за различные периоды времени;

интенсивности выбранных заболеваний. На основании данного отчета можно сделать выводы о начале, продолжительности или окончании эпидемии выбранных заболеваний;

подсчете процентного увеличения посещаемости за определенный промежуток времени, позволяющем проводить анализ роста общей нагрузки на медицинское учреждение:

распределении диагнозов пациентов в зависимости от места их проживания, позволяющем сделать предположение о возможных очагах возникновения заболеваний;

анализе предыдущих случаев заболеваний с похожими синдромами, позволяющих использовать историческую информацию для вынесения диагноза пациенту.

Заключение

Применение разработанной модели аналитической системы мониторинга операционной деятельности в государственном секторе позволяет достичь следующих преимуществ над традиционными методами анализа данных в подобных системах:

возможности построения системы информационного обеспечения, являющейся достаточно гибкой для формирования отчетов любой сложности на основе огромного количества данных за короткий период времени;

получения возможности анализа различных показателей по атрибутам признаков, отслеживания взаимосвязей и облегчения принятия решений на базе выявленных отношений;

автоматизация аналитической системы позволяет уменьшить количество сотрудников, обслуживающих данное информационное решение;

построения информационной системы, ориентированной на конечного пользователя, приводит к отсутствию необходимости ручного сбора информации из различных источников. Пользователь данной системы работает только со знакомыми ему понятиями (например, «Время», «Количество сотрудников», «Зарплата»), не вдаваясь в подробности, в каком виде и где эти данные хранятся;

использования данной системы предоставляет возможность отслеживать динамику основных показателей операционной деятельности учреждений государственного сектора.

Литература:

- 1. Холод, И. И. Методы и модели анализа данных: OLAP и Data Mining / И. И. Холод, М. С. Куприянов, В. В. Степаненко. – Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2004. – 336 с.
- 2. Kimpball, R. The Data Warehouse Toolkit / R.Kimpball. -Wiley India Pvt. Ltd., 2009. - 460 p.
- 3. Wrembel, R. Data warehouses and OLAP: concepts, architectures, and solutions / R. Wrembel, Chr. Koncilia. -

Idea Group Inc., 2007. - 332 p.

- 4. Ponniah, P. Data warehousing fundamentals for IT professionals / P. Ponniah. - John Wiley&Sons Inc., 2010. - 571 p.
- Microsoft SQL Server 2005 Analysis Services. OLAP и многомерный анализ данных / А. Б. Бергер [и др.]; под общ. ред. А. Б. Бергера, И. В. Горбач. – Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2007. – 928 с.
- 6. Pedersen, T. B. Multidimensional Database Technology / T. B. Pedersen, C. S. Jensen // IEEE Computer, 2001. - V. 34, №12. - P. 40-46.
- 7. Об утверждении Инструкции о порядке заполнения регистрационных карточек единой государственной системы регистрации и учета правонарушений. Пост. Минва внутр. дел Республики Беларусь от 18.08.2006 №231 // Банк Законов [Электронный ресурс]. – 2010. – Режим доступа: www.bankzakonov.com/republic pravo by 2010/ blockp5/rtf-e8t0l0/. - Дата доступа: 17.03.2011.

Abstract

In this article data analysis for monitoring and reporting of operational activities in the public sector is described. Stateof-the-art approaches of data structuring and data gathering are considered and a new approach is presented. This approach allows multidimensional analysis of heterogeneous data that is collected from information systems of certain organization in real time. Implementation prototype of the developed model is adjusted for healthcare and law enforcement institutions.

Поступила в редакцию 28.03.2011.



тел. +375 17 287 85 66

факс +375 17 287 85 65 тел.моб. +375 29 684 43 09

220068, г. Минск, ул.Некрасова, 114, оф.238, 2 этаж, e-mail: info@belplata.by

Разработка и поставка печатных плат:

любой класс точности, широкий спектр покрытий, изготовление образцов от 5 дней.

Изготовление фотошаблонов

Изготовление трафаретов:

из нержавеющей стали и латуни.

Материалы для печатных плат:

защитные маски, маркировочные краски, фоторезисты, паяльные пасты.

Поставка изделий из феррита:

любые виды сердечников CI, EE, EEM, EP, EER, ETD, EC, EF, ED, EFD, EI, EPO, EPX, EPC II T.A.

Поставка электронных компонентов:

STMicroelectronics, NXP Semiconductors, Vishay, Holtek Semiconductor.

www.belplata.by

МЕТОДИКА АНАЛИЗА ОШИБОК САМОНАСТРОЙКИ МНОГОКАНАЛЬНОГО АВТОКОМПЕНСАТОРА

УДК 621.396.98

С. М. Костромицкий, И. Н. Давыденко, А. А. Дятко, РУП «КБ РАДАР», г. Минск

Аннотация

В статье рассматривается методика анализа ошибок самонастройки многоканального автокомпенсатора помех с корреляционными обратными связями, реализующего критерий минимума выходной мощности. Методика основана на представлении автокомпенсатора в виде многомерного следящего измерителя весовых коэффициентов.

Введение

Система дифференциальных уравнений относительно весовых коэффициентов автокомпенсатора в соответствии с [1] имеет следующий вид (в качестве цепей сглаживания сигнала ошибки используется идеальный интегратор):

$$\frac{1}{K_{xx}} \cdot \frac{d\mathbf{W}}{dt} = \mathbf{K}_{x} \cdot (\mathbf{W}_{\text{sag}} - \mathbf{W} + \mathbf{\eta}(t)), \tag{1}$$

где К, - коэффициент преобразования интегратора по скорости:

К" - коэффициент преобразования цепей корреляционной обратной связи;

 $\mathbf{W} = \{W_1, W_2, W_3, ..., W_N\}^T$ – вектор комплексных весовых коэффициентов;

 $\mathbf{K}_{\Pi} = K_{\Pi} \cdot \mathbf{R}$ – матрица крутизны многомерного дискриминатора измерителя;

 $\mathbf{W}_{\text{зал}} = -\mathbf{R}^{-1}\mathbf{R}_{\mathbf{0}}$ — задающее воздействие измерителя;

 $R = E^*E^T$ — корреляционная матрица сигналов, принятых компенсационными каналами;

 $\mathbf{R}_{a} = E_{a} \mathbf{E}^{*}$ — вектор корреляции сигналов, принятых основным и компенсационными каналами;

 $\mathbf{E} = \{E_1, E_2, E_3, ..., E_N\}^{\mathrm{T}}$ – вектор комплексных амплитуд сигналов, принятых компенсационными каналами;

 $\eta(t)$ — случайное возмущающее воздействие измерителя.

Для анализа многомерной следящей системы вида (1) проводится матричное преобразование над исходными векторными переменными (W, E), при котором отдельные контуры самонастройки для преобразованных весовых коэффициентов W, являются несвязанными [2]:

$$\frac{1}{K_{V}} \cdot \frac{d\mathbf{W}'}{dt} = K_{II} \cdot \mathbf{\Lambda} \cdot (\mathbf{W}'_{3ax} + \xi'(t) - \mathbf{W}'), \tag{2}$$

$$\frac{1}{K_{V}} \cdot \frac{dW'_{k}}{dt} = K_{\pi} \cdot \lambda_{k} \cdot \left(W'_{k \text{ sagt}} + \xi'_{k}(t) - W'_{k}\right),$$

где $\mathbf{W}' = \mathbf{U}^{*T} \mathbf{W}; \quad \xi' = \mathbf{U}^{*T} \xi;$

$$\mathbf{W} = \mathbf{U} \cdot \mathbf{W}' = [\mathbf{G}_{1_{\mathrm{H}}}, \mathbf{G}_{2_{\mathrm{H}}}, \cdots, \mathbf{G}_{N_{\mathrm{H}}}] \cdot \mathbf{W}',$$

 $\mathbf{U} = \left[\mathbf{G}_{1_{11}}, \mathbf{G}_{2_{11}}, \cdots, \mathbf{G}_{N_{11}} \right]$ – квадратная матрица, столбцами которой являются нормированные собственные векторы матрицы \mathbf{R} ;

 $\Lambda = diag(\lambda_1, \lambda_2, ..., \lambda_N)$ – диагональная матрица с элементами на главной диагонали, равными собственным значениям матрицы R.

Выражения для матриц корреляционных функций и спектральных плотностей случайного возмущающего воздействия измерителя после преобразования определяются следующим образом [1]:

$$\mathbf{R}_{\mathbf{\eta}'}(\tau) = \overline{\mathbf{\eta}'^*(t) \cdot \mathbf{\eta}'^{\mathrm{T}}(t - \tau)} = 2\sigma_{\Sigma}^{2} \cdot r^{2}(\tau) \cdot \mathbf{\Lambda}^{-1}, \quad (3)$$

$$\mathbf{S}_{_{\mathsf{JKB}}}^{\prime} = \mathbf{S}_{\mathsf{\eta}}^{\prime} = \frac{2\sigma_{\Sigma}^{2}}{\beta \cdot \Delta f_{_{\mathsf{JW}}}} \cdot \mathbf{\Lambda}^{-1}, \tag{4}$$

где $r(\tau)$ – нормированная корреляционная функция

 $2\sigma_{x}^{2}$ – удвоенная средняя мощность остатков ком-

$$\Delta f_{\mathrm{m}} = \left(\int\limits_{-\infty}^{\infty} r(\tau) d\tau\right)^{-1}$$
 — ширина спектра помехи;

$$\beta = \frac{\int\limits_{-\infty}^{\infty} r(\tau) d\tau}{\int\limits_{-\infty}^{\infty} r^2(\tau) d\tau}$$
 – постоянный коэффициент.

На основе указанной математической модели получим общие выражения для ошибок переходного процесса и дисперсий флуктуационных ошибок измерения весовых коэффициентов.

Ошибки переходного режима многоканального автокомпенсатора

Для анализа ошибок переходного режима необходимо решить систему дифференциальных уравнений (1) относительно вектора весовых коэффициентов автокомпенсатора в предположении нулевого возмущающего воздействия. Данная система дифференциальных уравнений сводится к набору не связанных между собой дифференциальных уравнений 1-го порядка (2). Уравнение (2) является неоднородным линейным дифференциальным уравнением 1-го порядка с постоянными коэффициентами, решение которого известно [3]:

$$W'_{k}(t) = W'_{k}(\infty) + [W'_{k}(0) - W'_{k}(\infty)] \exp\left(-\frac{t}{T_{neak}}\right),$$
 (5)

где $W_k'(0)$ – значение весового коэффициента в исходный момент времени;

 $T_{_{_{\mathrm{ЭКВ}}k}} = \frac{1}{K_{_{\mathrm{II}}} \cdot \lambda_{_{k}} \cdot K_{_{V}}}$ — эквивалентная постоянная времени замкнутого измерителя весового коэффициента.

Для того чтобы вернуться к исходному вектору весовых коэффициентов W, воспользуемся обратным преобразованием (2) $W_k = \sum_{i=1}^{N} G_{in}(k) \cdot W_i$. В этом случае можно

$$W_k(t) = W_k(\infty) + \sum_{i=1}^{N} \left[W_k'(0) - W_k'(\infty) \right] \cdot G_{in}(k) \exp\left(-\frac{t}{T_{\text{SKR},i}}\right),$$
 (6)

$$\mathbf{W}(t) = \mathbf{W}_{\text{sag}} + \sum_{i=1}^{N} \left[W_{k}'(0) - W_{k}'(\infty) \right] \cdot \mathbf{G}_{in} \exp(-\frac{t}{T_{\text{new},i}}).$$
 (7)

Учитывая, что в соответствии с (2) $W'_{t} = \mathbf{G}_{t}^{*T} \mathbf{W}$, получим:

$$W'_{k}(0) = \mathbf{G}_{kn}^{*T} \mathbf{W}(0),$$

$$Y(\infty) = \mathbf{G}_{kn}^{*T} \mathbf{W}(\infty) = -\mathbf{G}_{kn}^{*T} \mathbf{R}^{-1} \mathbf{R}_{\infty}$$

$$W_k'(\infty) = \mathbf{G}_{kn}^{*T} \mathbf{W}(\infty) = -\mathbf{G}_{kn}^{*T} \mathbf{R}^{-1} \mathbf{R}_0 = -\mathbf{G}_{kn}^{*T} \mathbf{R}^{-1} \mathbf{G}_{kn} \mathbf{G}_{kn}^{*T} \mathbf{R}_0 = -\frac{1}{\lambda_k} \mathbf{G}_{kn}^{*T} \mathbf{R}_0$$

Соответственно частное решение с учетом начальных условий совпадает с результатом, полученным в [4], и запишется следующим образом:

$$\mathbf{W}(t) = \mathbf{W}_{\text{sag}} + \sum_{i=1}^{N} \mathbf{G}_{in}^{*T} \cdot \left\{ \mathbf{W}(0) - \frac{\mathbf{R}_{0}}{\lambda_{i}} \right\} \cdot \mathbf{G}_{\text{in}} \cdot \exp(-\frac{t}{T_{\text{war},i}}) .$$
 (8)

Практически интересен важный частный случай последнего выражения. Пусть имеется L внешних источников помех, сигналы которых сильно коррелированы по пространству антенны. В этом случае можно получить следующее выражение для переходного процесса:

$$\mathbf{W}(t) = \mathbf{W}_{\text{3a,t}} + \sum_{i=1}^{L} \mathbf{G}_{in}^{\text{sT}} \left\{ \mathbf{W}(0) - \frac{\mathbf{R}_{0}}{\lambda_{i}} \right\} \mathbf{G}_{\text{int}} \exp(-\frac{t}{T_{\text{3kg},i}}) +$$

$$+ \sum_{i=L+1}^{N} \mathbf{G}_{in}^{\text{sT}} \mathbf{W}(0) \mathbf{G}_{in} \exp(-\frac{t}{T_{\text{avg},i}}) .$$
(9)

Соответственно, мощность остатков компенсации, обусловленная ошибками переходного режима, в последнем случае будет определяться выражением:

$$2\sigma_{\Sigma \text{nep}}^{2} = \Delta \mathbf{W}^{T}(t) \cdot \mathbf{R}^{*} \cdot \Delta \mathbf{W}^{*}(t) = \sum_{i=1}^{N} \lambda_{i} \cdot \left| \Delta W_{i}'(0) \right|^{2} \cdot \exp(-\frac{2t}{T_{\text{SKS},i}}) =$$

$$= \sum_{i=1}^{N} \lambda_{i} \left| \mathbf{G}_{in}^{*T} \left\{ \mathbf{W}(0) - \frac{1}{\lambda_{i}} R_{0} \right\} \right|^{2} \exp(-\frac{2t}{T_{\text{SW},i}}) .$$
(10)

Флуктуационные ошибки многоканального автокомпенсатора

Оценим флуктуационные ошибки самонастройки весовых коэффициентов. В соответствии с [5] запишем следующее выражение для корреляционной матрицы флуктуационных ошибок самонастройки:

$$\mathbf{D}_{W,\phi\pi} = \frac{1}{2\pi} \int_{0}^{\infty} \mathbf{K}_{0}^{*}(i\omega) \mathbf{S}_{\eta}(\omega) \mathbf{K}_{0}^{\mathrm{T}}(i\omega) d\omega,$$
 (11)

где $\mathbf{K}_{\alpha}(i\omega) = [\mathbf{E} + \mathbf{K}(i\omega)]^{-1}\mathbf{K}(i\omega)$ – матрица частотных характеристик замкнутого многомерного измерителя весовых коэффициентов;

 $\mathbf{K}(i\omega) = \mathbf{K}_{\pi} K_{cr}(i\omega)$ – матрица частотных характеристик разомкнутого измерителя весовых коэффициентов;

 $K_{cr}(i\omega)$ – частотная характеристика цепей сглаживания. Воспользуемся эквивалентными уравнениями многомерного измерителя (2). В этом случае можно записать:

$$\mathbf{D}'_{W,\phi\pi} = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \mathbf{K}'^*_0(i\omega) \mathbf{S}'_{\eta}(\omega) \mathbf{K}'^{\mathrm{T}}_0(i\omega) d\omega, \qquad (12)$$

где $\mathbf{K}'_{0}(i\omega) = [\mathbf{E} + \mathbf{K}'(i\omega)]^{-1}\mathbf{K}'(i\omega); \mathbf{K}(i\omega) = K_{n} \mathbf{\Lambda} \mathbf{K}_{cr}(i\omega).$ Полагая измеритель узкополосным по сравнению с шириной энергетического спектра возмущающего воздействия $(\mathbf{S}_{\eta}(\omega) \approx \mathbf{S}_{\eta}(\omega) \Big|_{\omega=0} = \mathbf{S}_{_{3KB}})$, в соответствии с (4) последнее выражение преобразуем к следующему виду:

$$\mathbf{D}'_{W,\phi,\pi} = \frac{2\sigma_{\Sigma}^{2}}{\beta \cdot \Delta f_{m}} \cdot \mathbf{\Lambda}^{-1} \cdot \frac{1}{2\pi} \int_{0}^{\infty} \left| \mathbf{K}'_{0}(i\omega) \right|^{2} d\omega = \frac{2\sigma_{\Sigma}^{2}}{\beta \cdot \Delta f_{m}} \cdot \mathbf{\Lambda}^{-1} \cdot \Delta \mathbf{f}_{w}. \tag{13}$$

где $\Delta \mathbf{f}_w' = \operatorname{diag} \left\{ \! \Delta \mathbf{f}_{1\mathrm{w}}', \Delta \mathbf{f}_{2\mathrm{w}}', \cdots, \Delta \mathbf{f}_{\mathrm{Nw}}' \right\} \! = \! \frac{1}{2\pi} \int\limits_{-\infty}^{\infty} \! \left| \mathbf{K}_0'(i\omega) \right|^2 \! d\omega = \mathsf{диа}$ гональная матрица эффективных полос пропускания замкнутых измерителей весовых коэффициентов $W_{_{\nu}}$.

При использовании в качестве цепей сглаживания идеального интегратора $K_{\rm cr}(p) = \frac{K_{\scriptscriptstyle Y}}{p}$ передаточная характеристика замкнутой следящей системы к-го контура самонастройки описывается выражением:

$$K_{0k}(p) = \frac{K_{n} \lambda_{k} K_{cr}(p)}{1 + K_{n} \lambda_{k} K_{cr}(p)} = \frac{K_{n} \lambda_{k} K_{V}}{K_{n} \lambda_{k} K_{V} + p}.$$
 (14)

В этом случае эффективная полоса пропускания k-го замкнутого измерителя весового коэффициента W, равна:

$$\Delta f_{k \text{ w}} = \frac{1}{2\pi} \left[\frac{\left(K_{n} \lambda_{k} K_{V} \right)^{2}}{\left(K_{n} \lambda_{k} K_{V} \right)^{2} + \omega^{2}} d\omega = \frac{K_{n} \lambda_{k} K_{V}}{2} = \frac{1}{2T_{\text{synk}}}$$
 (15)

Итоговое выражение для матрицы дисперсий флуктуационных ошибок измерения вектора весовых коэффициентов W запишем в виде

$$\mathbf{D}_{W \, \Phi^{\Pi}}' = \frac{2\sigma_{\Sigma}^2}{\beta \cdot \Delta f_{_{\mathrm{III}}}} \mathbf{\Lambda}^{-1} \Delta \mathbf{f}_{_{\mathrm{W}}} = \frac{K_{_{\mathrm{II}}} 2\sigma_{\Sigma}^2}{\beta \cdot \Delta f_{_{\mathrm{III}}}} \frac{K_{_{V}}}{2} \mathbf{E}$$
. (16) Произведем пересчет матрицы дисперсий флуктуа-

ционных ошибок:

$$\mathbf{D}_{W \, \phi \pi} = \mathbf{U}^{\mathrm{T}} \mathbf{D}_{W \, \phi \pi}' \mathbf{U}^{*} = \frac{K_{\pi} 2\sigma_{\Sigma}^{2}}{\beta \cdot \Delta f_{\pi \nu}} \frac{K_{\nu}}{2} \mathbf{E}.$$
 (17)

Таким образом, получены выражения для матриц дисперсий флуктуационных ошибок самонастройки весовых коэффициентов, которые согласуются с результатами, полученными с использованием других методик [2, 6]. Мощность остатков, обусловленная данными ошибками, определяется выражением:

$$2\sigma_{\Sigma\Delta W}^{2} = \sum_{i=1}^{N} \lambda_{i} \cdot \left| \Delta W_{i}'(0) \right|^{2} = \frac{K_{n} 2\sigma_{\Sigma}^{2}}{\beta \cdot \Delta f_{m}} \frac{K_{V}}{2} \sum_{i=1}^{N} \lambda_{i} = \frac{N \cdot 2\sigma_{\Sigma}^{2}}{2 \cdot \beta \cdot \Delta f_{m} \cdot T_{mem}}$$
(18)

где
$$T_{\text{окв}} = \frac{N}{K_{\text{n}} \cdot K_{\text{l'}} \cdot Tr \mathbf{R}}$$
; $Tr \mathbf{R} = \sum_{i=1}^{N} \lambda_i$ — след матрицы \mathbf{R} . Отношение мощности остатков компенсации, обу-

словленной флуктуационными ошибками, к минимальной мощности остатков имеет вид:

$$M = \frac{\sigma_{\Sigma \Delta W}^2}{\sigma_{\Sigma \min}^2} = \frac{K_{\pi} Tr \mathbf{R}}{\beta \cdot \Delta f_{\pi i}} \frac{K_{V}}{2} = \frac{N}{2 \cdot \beta \cdot \Delta f_{\pi i} \cdot T_{\infty R}} . \quad (19)$$

Заключение

Таким образом, приведены оригинальные методики анализа ошибок переходного режима и флуктуационных ошибок самонастройки многоканального автокомпенсатора шумовых помех для цепей сглаживания сигнала ошибки в виде идеального интегратора. Результаты анализа доведены до выражений, позволяющих оценить вклад ошибок самонастройки в мощность остатков компенсации помехи.

Литература:

- 1. Костромицкий, С. М. Математическая модель многоканального автокомпенсатора помех / С. М. Костромицкий, И. Н. Давыденко, А. А. Дятко // Электроника инфо, Минск. – 2010. – №3. – С. 64-66.
- 2. Монзинго, Р. А. Адаптивные антенные решетки / Р. А. Монзинго, Т. У. Миллер // М.: Радио и связь, 1986. – 446 с.
- 3. Корн, Г. Справочник по математике / Г. Корн, Т. Корн // М.: Наука, 1974. – 832 с.
- 4. Nobuyoshi, K. Effect of Initial Values of Adaptive Arrays/K. Nobuyoshi // IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems. - V. 22, 1986. - №6. - P. 688-694.
- 5. Бакут, П. А. Вопросы статистической теории радиолокации / П. А. Бакут, И. А. Большаков. Т. II. Под ред. Г. П. Тартаковского // М.: Советское радио, 1964. – 1079 с.
 - 6. Пистолькорс, А. А. Введение в теорию адаптивных

антенн / А. А. Пистолькорс, О. С. Литвинов. // М: Наука, 1991, 200 c.

Abstract

The methods are proposed for analyzes the errors of a

multi-channel canseller, which implements the criterion of the output power minimum. The report consists of canceller's transient processes expression, expression for the fluctuation self-adjustment errors array.

Поступила в редакцию 22.12.2010.

ТРЕБОВАНИЯ К НАУЧНЫМ СТАТЬЯМ, ПУБЛИКУЕМЫМ В РАЗДЕЛЕ «РЕЦЕНЗИРУЕМЫЕ НАУЧНЫЕ СТАТЬИ»

- 1. Научная статья законченное и логически цельное произведение по раскрываемой теме – должна соответствовать одному из следующих научных направлений: информационные технологии и системы, оптоэлектроника, микро- и наноэлектроника, приборостроение.
- 2. Объем научной статьи не должен превышать 0.35 авторского листа (14 тысяч печатных знаков. включая пробелы между словами, знаки препинания, цифры и другие), что соответствует 8 страницам текста, напечатанного через 2 интервала между строками (5,5 страницы в случае печати через 1,5 интервала).
- 3. Статьи в редакцию представляются в двух экземплярах на бумаге формата А4 (220015, г. Минск, пр. Пушкина, 29Б), а также в электронном виде (e-mail: sadov@bsu.by). К статье прилагаются сопроводительное письмо организации за подписью руководителя и акт экспертизы. Статья должна быть подписана всеми авторами.

Статьи принимаются в формате doc, rtf, pdf. Каждая иллюстрация (фотографии, рисунки, графики, таблицы и др.) должна быть представлена отдельным файлом и названа таким образом, чтобы была понятна последовательность ее размещения. Фотографии принимаются в форматах tif или jpg (300 dpi). Рисунки, графики, диаграммы принимаются в форматах tif, cdr, eps или jpg (300 dpi, текст в кривых). Таблицы принимаются в форматах doc, rtf или Excel.

4. Научные статьи должны включать следующие элементы:

аннотацию:

фамилию и инициалы автора (авторов) статьи, ее название;

введение;

основную часть, включающую графики и другой иллюстративный материал (при их наличии);

заключение;

список цитированных источников;

индекс УДК;

аннотацию на английском языке.

- 5. Название статьи должно отражать основную идею выполненного исследования, быть по возможности кратким, содержать ключевые слова, позволяющие индексировать данную статью.
- 6. Аннотация (100-150 слов) должна ясно излагать содержание статьи и быть пригодной для опубликования в аннотациях к журналам отдельно от статьи.

В разделе «Введение» должен быть дан краткий обзор литературы по данной проблеме, указаны не решенные ранее вопросы, сформулирована и обоснована цель работы.

Основная часть статьи должна содержать описа-

ние методики, аппаратуры, объектов исследования и подробно освещать содержание исследований. Полученные результаты должны быть обсуждены с точки зрения их научной новизны и сопоставлены с соответствующими известными данными. Основная часть статьи может делиться на подразделы (с разъяснительными заголовками).

Иллюстрации, формулы, уравнения и сноски, встречающиеся в статье, должны быть пронумерованы в соответствии с порядком цитирования в тексте.

В разделе «Заключение» должны быть в сжатом виде сформулированы основные полученные результаты с указанием их новизны, преимуществ и возможностей применения.

Список цитированных источников располагается в конце текста, ссылки нумеруются согласно порядку цитирования в тексте. Порядковые номера ссылок должны быть написаны внутри квадратных скобок (например: [1], [2]).

В соответствии с рекомендациями ВАК Республики Беларусь от 29.12.2007г. №29/13/15 научные статьи аспирантов последнего года обучения публикуются вне очереди при условии их полного соответствия требованиям, предъявляемым к рецензируемым научным публикациям.

Новые возможности по изготовлению печатных плат! **PUEKTPOKOHTUHEHT**

- Производство одно-
- и двухсторонних печатных плат по 3-му, 4-му классам точности.
- Срочное производство опытных партий – от 3-х дней.
- Серийное производство однои двухсторонних печатных плат от 2-х недель.
- Все виды монтажа печатных плат.

220026, Республика Беларусы, г. Минок, пер. Бехтерева 8 ком. 35 от метро«Партиванская». Ten/(parces - 375 (47) 226-34-64, 205-06-94. Mod: 4375(29) 705-04-15(MTG). 4375(29)653-9916,115-35-75(Velcom). Emell:info@elconfinent.com





СЕМАНТИЧЕСКИ СТРУКТУРИРОВАННЫЕ ГИПЕРТЕКСТЫ КАК ОСНОВА ПОСТРОЕНИЯ WEB-CAЙTOB

УДК 004.82:004.55

Д. Г. Колб, БГУИР, г. Минск Аннотация

Приведены основные положения подхода к разработке Web-сайтов, поддерживающих семантический поиск и навигацию, а также шаги, позволяющие осуществить переход от таких Web-сайтов к интеллектуальным информационно-справочным системам. В основе предлагаемого подхода лежит представление информации с помощью семантических сетей.

Введение

В настоящее время мировым сообществом получен опыт коллективного накопления информации, разработаны технологии унификации и систематизации преставления информации. По оценкам многих специалистов, к 2020 году ожидается массовый переход приложений в сети Internet к использованию семантических технологий, что позволит осуществлять более эффективный поиск в сети Internet и постепенно превратит Web-пространство в единую базу знаний. Таких результатов невозможно достичь без использования новых программных средств разработки баз знаний.

Первым результатом в данной области является реализации для сети Internet формализованной модели гипертекста, основу которой составлял язык HTML [1]. Со временем было установлено, что HTML не подходит в качестве средства семантической систематизации и структуризации информации Web-сайта, поэтому были предложены новые подходы к представлению знаний для сети Internet - Semantic Web [1]. Однако до появления Semantic Web уже существовали работы, направленные на модификацию HTML для представления семантически структурированной информации в сети Internet [2].

Semantic Web предполагает представление знаний в виде семантической сети с помощью онтологий. Основу технологий предлагаемых Semantic Web составляет семейство стандартов на языки описания, включающее XML, XML Schema, RDF, RDF Schema, OWL [3].

Результаты работ в рамках направления Semantic Web были использованы разработчиками пользовательских интерфейсов Web-приложений для семантического размещения типовых сущностей пользовательского интерфейса или его структуры. Основу таких подходов составлял язык XML. В настоящее время разработкой языков описания семантической структуры пользовательского интерфейса и технологиями, поддерживающими эти языки, занимаются такие ведущие разработчики инструментальных средств для разработки программного обеспечения, как Microsoft (XAML, MRML), Adobe (MXML, OpenLaszlo), Oracle (CookSwing, SwiXML, SwixNG, Thinlet, Ultrid, Vexi, XALXAL, XSWT, ZUML) и Mozilla (XUL).

Однако только семантическая разметка сущностей пользовательского интерфейса Web-приложения не давала возможности реализовать эффективные способы поиска информации в рамках Web-приложения. Одним из наиболее доступных по реализации для решения данной проблемы стал подход, основанный на использовании микроформатов microformats, µF, или uF – способа семантически размечать сведения о разнообразных сущностях на веб-страницах, используя стандартные элементы языка HTML (или XHTML) [4]. В совокупности с подходами семантической структуризации сущностей пользовательского интерфейса подход на основе микроформатов существенно облегчал понимание того, какая информация размещена на Web-странице, так как позволял описывать группы сущностей, которые не являлись сущностями пользовательского интерфейса, например. человек, событие, географическая координата, адрес.

Несмотря на простоту использования микроформатного подхода, он не позволяет представить информацию Web-страницы как полноценный формальный текст. Webстраницы, построенные с помощью микроформатного подхода, с точки зрения формального представления являются множествами сущностей, совместимых только в рамках одного микроформата. Поэтому одновременно с микроформатным подходом развивались подходы, в основе которых лежит использование RDF.

С ростом количества Web-ресурсов, поддерживающих стандарты Semantic Web, появилась проблема унифицированного оформления таких ресурсов. Ее решением является использование системы метаданных для представления знаний Web-ресурсов. В настоящее время существует несколько десятков проектов, связанных с разработкой систем метаданных. Одним из популярных проектов, направленных на решение проблемы унификации представления знаний в виде семантических сетей, стал проект «Дублинское ядро» [5]. Его целью стала разработка стандартов метаданных, которые были бы независимы от платформ и подходили для широкого спектра задач. Основными результатами проекта являются словари метаданных общего назначения, которые стандартизируют описания ресурсов в формате RDF.

Подводя итог, отметим важные для данной работы признаки существующих решений по семантической структуризации информации в сети Internet:

ориентацию работ по семантической структуризации на внутреннее представление для дальнейшей машинной обработки информации Web-страницы;

отсутствие простых подходов к переводу накопленной в сети Internet-информации в семантически структурированные гипертексты;

отсутствие работ по унифицированной систематизации структуры Web-сайта, учитывающей как сущности пользовательского интерфейса, так и сущности предметной области Web-сайта.

Для решения этих проблем необходим пересмотр подходов к разработке систем, в основе которых лежит семантическая структуризация информации для сети Internet и которые применяются в настоящее время.

Семантически структурированные гипертексты на основе SC-кода

Целью данной работы является разработка таких средств семантической структуризации Web-сайтов, которые позволяют формально представлять как внутреннее

представление Web-страниц, так и внешнее, видимое пользователю. Такая семантическая структуризация позволит существенно повысить качество поиска необходимой пользователю информации в рамках конкретного Web-сайта.

В качестве формальной основы предлагаемого подхода будем использовать семантические сети с базовой теоретико-множественной интерпретацией. Основным способом кодирования информации для таких сетей является SC-код (Semantic Code) [7]. Интеллектуальные системы, построенные с использованием SC-кода, будем называть sc-системами.

Сущности Web-страницы будем представлять как элементы базы знаний (БЗ). Такой подход позволяет рассматривать пользовательский интерфейс Web-сайта как специализированную интеллектуальную систему, решающую задачу организации диалога человека и предметной интеллектуальной системы и обеспечивающую решение основных задач предметной интеллектуальной системы. Основными классами задач такой специализированной интеллектуальной системы являются:

просмотр текстов внешних языков, удобных и понятных для пользователя интеллектуальной системы; редактирование текстов внешних языков;

трансляция текстов внешних языков в тексты SC-кода; трансляция текстов SC-кода в тексты внешних языков.

Для решения задач каждого класса используется отдельный класс компонент. Каждый компонент трактуется как специализированная интеллектуальная система, имеющая свою БЗ и машину обработки знаний (МОЗ). Пользовательский интерфейс Web-сайта в целом является результатом интеграции всех его компонент. Машину обработки знаний такой интеллектуальной системы составляет множество согласованных предметнонезависимых операций [7]. Рассматривая в таком ракурсе Web-сайт, мы приходим к заключению, что степень интеллектуальности Web-сайта будет зависеть от степени реализации указанных классов компонент Web-сайта.

Будем называть семантически структурированными гипертекстами гипертексты, информация в которых будет отображаться с помощью SCn-кода - способа псевдоестественного кодирования семантических сетей, представленных в SC-коде (Semantic Code natural). Разметка таких гипертекстов производится с помощью SCnML - языка (SCn Markup Language) разметки текстов SCn-кода [7]. Webсайты, построенные с помощью указанных средств, будем называть семантически структурированными Web-сайтами.

В семантической технологии проектирования баз знаний sc-систем SCn-код используется в качестве одного из основных способов представления знаний. Использование для записи текстов базы знаний языка, близкого к естественному, существенно повышает качество восприятия текстов баз знаний как инженерами по знаниям, так и пользователями баз знаний, поэтому SCn-код может использоваться в качестве внешнего, понятного пользователю языка sc-системы. SCn-код задается множеством всех sc.n-статей, каждая из которых описывает семантическую окрестность некоторого понятия предметной области и в свою очередь состоит из идентификатора scэлемента, описываемого в этой sc.n-статье, а также одного или нескольких последующих sc.n-полей. При описании sc-элемента в sc.n-статье sc.n-поля описывают, как, каки-

ми ролями и связками каких отношений связан описываемый sc-элемент с другими. Ряд sc.n-полей может содержать мультимедиа или тексты логических утверждений. Мультимедиа может включать любые информационные конструкции, обозначаемые как внешние по отношению к SCn-коду, в том числе и sc.n-тексты. Каждому sc.n-полю в языке SCnML соответствует отдельный тег. Такой подход позволяет однозначно определить соответствие между отображаемым sc.n-полем и тегом SCnML, с помощью которого это поле кодируется.

Сформулируем действия, которые позволят осуществить переход от традиционных Web-сайтов к семантически структурированным, а затем к интеллектуальным справочным системам.

Шаг 1. Разработка формального описания предметной области, которое дает возможность осуществить перехода от гипертекстов к семантически структурированным гипертекстам, в основе которых лежит SC-код.

Шаг 2. Реализация компонентов просмотра SCn-кода и трансляции текстов SCnML в тексты SCn-кода. На основе результата, полученного на данном шаге, можно разрабатывать семантически структурированные Web-сайты.

Шаг 3. Доработка компонента просмотра таким образом, чтобы можно было осуществлять интеллектуальную навигацию по Web-сайту. В основе такой навигации лежит организация семантического поиска по текстам SCnML.

Шаг 4. Разработка типологии мультимедиа-фрагментов, которые будут встречаться в разрабатываемом Web-сайте. Она позволяет формально специфицировать любой мультимедиафрагмент Web-сайта. В основе средств для разработки типологии мультимедиафрагментов лежит использование специализированного языка спецификации мультимедиадокументов.

Шаг 5. Реализация транслятора текстов языка SCnML в тексты SC-кода для дальнейшего преобразования семантически структурированного Web-сайта в интеллектуальную справочную систему, в основе которой лежат семантические сети, закодированные с помощью SC-кода.

Шаг 6. Реализация средств семантического поиска по Web-пространству интеллектуальных справочных систем.

Реализация каждого такого шага дает возможность добавить новое качество для Web-сайта, тем самым повышая уровень его интеллектуализации.

Построение Web-сайтов на основе семантически структурированных гипертекстов

В рамках данной работы будем рассматривать семантическую структуризацию гипертекста на каждом из его слоев в отличие от традиционных подходов, в которых семантическую структуризацию рассматривают на уровне скрытого слоя (невидимое пользователю Web-сайта содержимое Web-страницы). Это означает, что SCn-код позволяет семантически структурировать как отображаемое на экране содержимое Web-страницы. так и скрытое, невидимое пользователю Web-сайта. Такой подход позволяет существенно сократить время нахождения пользователем необходимой ему информации даже без использования специальных поисковых средств за счет простейшей гипертекстовой навигации, использующей явно указанные семантические связи между Web-страницами.





В качестве опытной платформы для реализации семантически структурированных Web-сайтов использована платформа MediaWiki (платформа, которую использует проект Wikipedia). В основе подхода, используемого в проектах на основе MediaWiki, лежит понятие статьи. В традиционной трактовке статья MediaWiki определяется как семантическая окрестность некоторого понятия. записанная на естественном языке. Таким образом, для перехода от обычного гипертекста, используемого в статье MediaWiki, необходимо формально представить семантическую окрестность описанного на естественном языке указанного понятия с помощью средств SCn-кода.

Сравнивая типологию связей между статьями, создаваемыми на базе платформы MediaWiki, и традиционного гипертекста можно заметить, что переход по ссылке дает возможность ответить на вопрос: «Что это такое X?» Использование же предложенного подхода в совокупности с платформой Mediawiki позволяет существенно увеличить типологию семантических связей между статьями MediaWiki за счет явной формальной спецификации таких связей с помощью средств SCn-кода. Практически это приводит к тому, что переход по ссылке из семантически структурированного гипертекста позволяет ответить на вопрос: «Что такое X, связанное с данным понятием отношением Y?» Такие семантические связи при использовании предлагаемого подхода доступны пользователю Web-сайта как через отображаемый слой гипертекста в виде псевдоестественного (полуформального) текста, так и через скрытый слой в виде текстов SCnML (таблица 1).

Разработка Web-сайта на базе платформы MediaWiki с использованием указанных дополнений к представлению информации Web-сайта позволит нам разработать семантически структурированный Web-сайт.

Переход от семантически структурированного Web-сайта к интеллектуальной информационно-справочной системе

Особенностью Web-сайтов такого рода является то, что они представлены в формальном виде. Данная особенность позволяет расценивать Web-сайты и как исходные тексты БЗ для предметной области, совпадающей с предметной областью, для которой разрабатывался Web-сайт, и как полноценный семантически структурированный Web-ресурс. Рассмотрение семантически структурированных Web-сайтов как исходного материала для построения БЗ дает возможность говорить о наращивании интеллектуального потенциала Web-сайта за счет автоматизированного преобразования его в БЗ интеллектуальной системы. В качестве конечной формы такого преобразования можно рассматривать любые современные формы представления знаний, например RDF(S), OWL. Для подтверждения указанного тезиса кратко опишем ключевые элементы транслятора текстов SCnML в тексты SC-кода.

В зависимости от предметной области компонент SCn-транслятор можно рассматривать как целую иерархию трансляторов, так как любую предметную область можно представить иерархией предметных областей. Количество уровней такой иерархии, как правило, зависит от степени семантической полноты, с которой мы хотим представить знания о конкретной предметной области. Таким образом, для каждого внешнего по отношению к некоторой интеллектуальной системе языка можно построить семейство трансляторов, транслирующих с различной степенью семантической полноты. Ниже приведены схемы трансляции, которые возможны при реализации трансляторов для sc-систем:

1. scn-тексты ->семантически эквивалентные тексты SC-кода с полнотой 1;

Фрагмент текста, отображаемого в SCn-коде	Фрагмент SCnML разметки, соответствующей тексту SCn-кода
биссектриса *	{{SCnBegin}}
= быть биссектрисой*	
= биссектриса угла *	{{SCnFieldConcept биссектриса*}}
= быть биссектрисой угла*	
€ отношение	{{SCnFieldSpecConSyn\1\быть биссектрисой*}}
€ бинарное отношение	{{SCnFieldSpecConSyn 1 биссектриса угла*}}
€ ориентированное отношение	{{SCnFieldSpecConSyn 1 быть биссектрисой угла*}}
- Область определения:	
• планарный угол U двугранный угол	{{SCnFieldSpecConMemberSet 1\[[Язык
- Домен:	отношений:Отношение отношение]]}}
• планарный угол U двугранный угол	{{SCnFieldSpecConMemberSet 1\[[Язык отношений:Бинарное
*I домен по первому атрибуту */	отношение бинарное отношение]]}}
• лучи U полуплоскость *I домен по второму атрибуту *I	{{SCnFieldSpecConMemberSet 1 [Язык отношений:Ориентированное отношение ориентированное отношение]]}}
	{{SCnFieldSpecConDomainDef[1]}}
	{{SCnFieldCompEnum 2 1 [[Геометрия:Планарный угол планарный угол]] {{SCn_объединение}} [[Геометрия:Двугранный угол]двугранный угол]]}}
	{{SCnFieldSpecConDomain 1}}
	{{SCnFieldCompEnum 2 1 [[Геометрия:Планарный угол планарный угол]] {{SCn_объединение}} [[Геометрия:Двугранный угол двугранный угол]]}}
	{{SCnFieldCompComment 1 домен по первому атрибуту}} {{SCnFieldCompEnum 2 1 [[Геометрия:Луч луч]]{{SCn_объединение}}
	[[Геометрия:Полуплоскость полуплоскость]]]}
	{{SCnFieldCompComment 1 домен по второму атрибуту}}

scn-тексты ->семантически эквивалентные тексты SC-кода с полнотой 2;

scn-тексты ->полностью семантически эквивалентные тексты SC-кода;

2. scn-тексты ->семантически эквивалентные тексты SC-кода с полнотой -> семантически эквивалентные тексты SC-кода с полнотой 2 -> ... семантически эквивалентные тексты SC-кода с полнотой п -> ... -> полностью семантически эквивалентные тексты SC-кода.

Обе приведенные схемы возможны при реализации трансляторов sc-систем. Согласно первой схеме для указанной sc-системы реализуется один из семейства возможных трансляторов, транслирующий тексты некоторого внешнего языка с заданной степенью полноты. Согласно второй схеме, необходимо реализовывать семейство трансляторов, каждый из которых, используя результаты предыдущего транслятора, достраивает фрагмент базы знаний до некоторого уровня полноты. Если первая схема удобна для sc-систем, в которых необходимо производить трансляции только с заданным уровнем полноты, то вторая схема будет полезна для sc-систем, которые работают с разными уровнями детализации информации. В качестве основной схемы для SCn-транслятора целесообразно выбрать первую схему, реализовывая транслятор, обеспечивающий трансляцию с уровнем семантической полноты, которую позволяют тексты SCnML.

Приведем общие этапы разработки трансляторов для sc-систем:

определение конструкций внешнего языка;

выявление однородных с точки зрения синтакси-

Таблица 2. Правило трансляции текстов SCn-кода в тексты SC-кода

Текст SCn-кода треугольник = Понятие треугольника = Множество всевозможных треугольников Разметка SCn-кода {{SCnFieldConcept|mpeyгольник}} {{SCnFieldSpecConSyn|1|Класс треугольников}} {{SCnFieldSpecConSyn|1|Понятие треугольника}} {{SCnFieldSpecConSyn|1|Множество всевозможных треугольников}} Семантически эквивалентная SCn-разметке конструкция в SC-коде треугольник идентификация синонимы * Множество всевозможных треугольников 0 основной 0 треуг ольни Понятие треугольника

Русский язык

ческого представления информационных конструкций (подъязыков) в рамках внешнего языка:

выбор схемы трансляции для транслятора каждого

разработка правил трансляции (таблица 2) для каждого из подъязыков;

отладка и тестирование транслятора.

Заключение

В работе предложен подход, позволяющий осуществить поэтапную разработку интеллектуальных систем для сети Internet. Разработка осуществляется в два этапа. На первом этапе реализуются шаги, позволяющие перейти от традиционных Web-сайтов к семантически структурированным. На втором этапе осуществляется переход от семантически структурированных Web-сайтов к интеллектуальным системам, в основе которых лежат семантические сети. К основным достоинствам предлагаемого подхода можно отнести:

ориентацию подхода на коллективную разработку исходных текстов БЗ как семантически структурированных Web-сайтов за счет использования платформы Mediawiki и семантически структурированного гипертекста;

использование для представления знаний способа псевдоестественного кодирования знаний;

простой и прозрачный переход от семантически структурированного гипертекста к семантической сети.

Работа выполнена при поддержке гранта БРФФИ Ф10М-085 и гранта БРФФИ-РФФИ Ф10Р-175.

Литература:

- 1. World Wide Web Consortium [Электронный ресурс]. - 2010. - Режим доступа: http://www.w3.org. - Дата доступа: 27.11.2010.
- 2. Гаврилова, Т. А. Базы знаний интеллектуальных систем / Т. А. Гаврилова, В. Ф. Хорошевский // СПб.: Питер, 2000, – 384 с.
- 3. Хорошевский, В. Ф. Пространства знаний в сети Интернет и Semantic Web. - Ч. 1 / В. Ф. Хорошевский // Искусственный интеллект и принятие решений. -2008. - №1. - C. 80-97.
- 4. Вики о микроформатах [Электронный ресурс]. 2010. – Режим доступа: http://microformats.org/wiki/ Main Page-ru. - Дата доступа: 27.11.2010.
- 5. The Dublin Core Metadata Initiative [Электронный pecypc]. - 2010. - Режим доступа: http://dublincore. org/. – Дата доступа: 27.11.2010.
- 6. Ландэ, Д. В. Глубинный веб информационная среда для бизнес-аналитика / Д. В. Ландэ // Информационные технологии для менеджмента, 2009. – №9. – С. 28-32.
- 7. Проект OSTIS [Электронный ресурс]. 2010. -Режим доступа: http://www.ostis.net. - Дата доступа: 27.11.2010.

Abstract

The main principles of approach to the development of Websites that support semantic search and navigation, as well as the steps allow for the transition from these Web-sites to intelligent information-reference systems. The proposed approach is the representation of information using semantic networks.

Поступила в редакцию 11.03.2011.

приборостроение

АВТОДИННЫЕ СВОЙСТВА ИНТЕРФЕРЕНЦИОННОГО ДАТЧИКА СМЕЩЕНИЯ НА ОСНОВЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВОГО ИНЖЕКЦИОННОГО ЛАЗЕРА

УДК 621.375.8:53.082.5

Е. Д. Карих, БГУ, г. Минск

Аннотация

Изучены характеристики автодинного режима в полупроводниковом инжекционном лазере при приеме эхо-сигнала от диффузно отражающего объекта. Установлено, что автодинный сигнал максимален при небольшом превышении порога генерации, где лазерное излучение содержит множество продольных мод. Проанализировано влияние эффектов дефокусировки и автокорреляционных свойств излучения на величину автодинного сигнала. Полученные результаты могут быть использованы при построении прецизионных датчиков смещения на основе полупроводниковых инжекционных лазеров.

Введение

В настоящее время проявляется стабильный интерес к методам и системам бесконтактных измерений с использованием полупроводниковых лазеров одновременно в качестве источников и приемников собственного излучения, отраженного или рассеянного от внешнего объекта. Исследования в данной области прошли несколько этапов [1-3]. На первом этапе основное внимание уделялось классификации режимов генерации лазеров с внешней оптической обратной связью (ООС) и их основным характеристикам. На современном этапе акцент переместился на работы по созданию и оптимизации характеристик датчиков различных физических величин (микроперемещений, микровибраций, скорости движения объектов, состояния их поверхности, внутренней динамики микрочастиц в жидкостях, газовых средах и др.) на основе лазеров с ООС от исследуемого объекта [3-8]. При взаимодействии (интерференции) обратно отраженного излучения (оптического эхо-сигнала) с внутренним полем лазера изменяются мощностные, спектральные, электрические, шумовые и другие характеристики лазера. По характеру этих изменений и судят о свойствах внешнего объекта. Процесс такого типа называют самосмешением или (в другой терминологии), автодинным процессом.

Автодинные датчики и измерительные системы на их основе востребованы в оптико-физических, биофизических, медико-биологических и других приложениях, где к числу основных требований относятся бесконтактность (неразрушающий характер, неинвазивность) измерений, высокие чувствительность, спектральное и пространственное разрешение. С практической точки зрения особый интерес представляют датчики на основе распространенных, надежных и коммерчески доступных полупроводниковых инжекционных лазеров с резонатором Фабри-Перо и встроенным контрольным фотодиодом. При этом желателен одномодовый (по продольным и поперечным модам) режим генерации, который не всегда возможно получить в лазерах с неселективным резонатором в широком диапазоне токов накачки. Кроме того, в ряде приложений необходимо обеспечивать работу датчика по диффузным поверхностям (например, в целях неинвазивности измерений в медико-биологических исследованиях). Последнее обстоятельство требует применения фокусирующей оптики для повышения коэффициента сбора обратно рассеянного излучения.

В работе проанализированы факторы, влияющие на свойства датчика перемещений на основе полупроводникового инжекционного лазера, связанные с многомодовостью излучения и эффектами дефокусировки в системе с собирающей оптикой.

Формирование автодинного сигнала в лазере

Существуют два способа регистрации сигнала самосмешения (автодинного сигнала) в лазере – с помощью фотодиода, размещенного вблизи заднего зеркала лазера, и в цепи питания самого лазера. В первом случае фиксируется результат интерференции внутреннего поля лазера с оптическим эхо-сигналом от внешнего объекта, проявляющийся в изменении выходной мощности лазера. Во втором (при накачке лазера генератором тока) регистрируется разность напряжений насыщения на р-п-переходе при генерации лазера с оптической обратной связью от внешнего объекта и в ее отсутствие. Второй способ более универсален, так как пригоден и в тех случаях, когда лазерный модуль не снабжен встроенным контрольным фотодиодом, а также в отсутствие фотодетекторов с приемлемыми свойствами в спектральной области, где работает лазер. Однако на практике все же удобнее использовать лазерные модули со встроенным фотодиодом, позволяющим выбирать необходимый режим детектирования (фотодиодный или фотогальванический), обеспечивающим электрическую развязку измерительной цепи и цепи питания лазера, а также упрощающим юстировку системы.

Характеристики автодинного режима

На рис. 1 приведена схема, реализующая автодинный режим работы лазера с возможностью амплитудной и фазовой модуляции оптического эхо-сигнала.

Объект с диффузно отражающей поверхностью (участок мембраны электродинамика, покрытый белой бумагой) поступательно перемещался с помощью микрометрического винта (10 мкм/дел). Колебательное движение отражателя (фазовая модуляция эхо-сигнала) обеспечивалось подачей на катушку электродинамика переменного напряжения от генератора звуковых частот. Оптическая связь лазера с внешним объектом осуществлялась с помощью двух микроскопных объективов с числовой апертурой A=0,30, в фокальных плоскостях которых находились выходное зеркало лазера и отражающая поверхность объекта. Первый объектив коллимировал расходящийся лазерный пучок в параллельный, второй фокусировал излучение на диффузную поверхность отражателя. Амплитудная модуляция ООС производилась механическим прерывателем, расположенным между

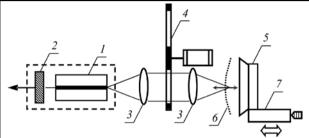


Рис. 1. Схема связи лазера с внешним объектом:

- 1) полупроводниковый лазер; 2) встроенный ріп-фотодиод;
- 3) микрообъективы; 4) механический прерыватель;
- 5) электродинамик; 6) диффузный отражатель;
- 7) перемещающаяся платформа

двумя объективами. В качестве генератора-автодина использовался квантоворазмерный полупроводниковый инжекционный лазер на основе AlGaInP (длина волны λ=670 нм) с напряженной структурой. Лазерный модуль содержал встроенный ріп-фотодиод для контроля выходной мощности с заднего зеркала резонатора.

Пороговый ток лазера, определенный по его ваттамперной характеристике (рис. 2, кривая 1), составил 28 мА.

Кривая 3 на том же рисунке иллюстрирует токовую зависимость автодинного сигнала при 100% амплитудной модуляции оптического эхо-сигнала на частоте 1,4 кГц. Сигнал с pin-фотодиода поступал на измерительный усилитель и далее визуально наблюдался на экране осциллографа. Фиксировалась максимальная величина сигнала, обеспечиваемая тонкой подстройкой положения диффузного отражателя. Как показал эксперимент, автодинный сигнал имеет максимум при небольшом превышении тока накачки над порогом генерации $I_{,,}$ в уединенном лазере ($I/I_{...} \approx 1,14$). На том же рисунке приведена токовая зависимость низкочастотного шумового напряжения на выходе усилителя в отсутствие внешней ООС. Положения максимумов флуктуационной кривой и автодинного сигнала указывают на особую чувствительность лазера в околопороговой области токов накачки.

Как следует из рис. 1, осевые перемещения объекта сопровождаются расфокусировкой лазерного пятна на объекте и увеличением размеров ретропятна на выходном зеркале лазера. Для оценки вклада дефокусировки рассмотрим простую модель однолинзовой системы. в которой выходное зеркало лазера и диффузно отражающая поверхность находятся по разные стороны линзы на расстояниях 2F от нее по оси z (F – фокусное расстояние линзы). Введем коэффициент перекрытия ξ исходного и ретропятна на выходном зеркале лазера. Пусть E_1 (x, y) и E_2 (x, y) – распределения исходного и ретрополей в плоскости зеркала, тогда

$$\xi = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} E_1 E_2 dx dy / \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} E_1^2 dx dy.$$
 (1)

Если нормированные поля E_1 и E_2 имеют двумерные гауссовские распределения, то

$$E = \frac{1}{\pi a_x a_y} \exp\left(-\frac{x^2}{a_x^2} - \frac{y^2}{a_y^2}\right), \quad \iint_{-\infty}^{\infty} E dx dy = 1, \quad (2)$$

$$\overline{\xi} = \xi/\xi_{\text{max}} = \frac{2w_{x}w_{y}}{\sqrt{(w_{x}^{2} + w_{y}^{2})(u_{x}^{2} + u_{y}^{2})}}.$$
 (3)

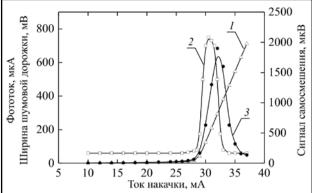


Рис. 2. Токовые зависимости фототока встроенного ріп-фотодиода: 1) ватт-амперной характеристики лазера: 2) ширины шумовой дорожки; 3) автодинного сигнала

Здесь w_{x} , w_{y} , u_{y} и w_{y} – полуширина исходного и ретропятна на выходном зеркале лазера по уровню 1/e вдоль осей х и у соответственно. Расчеты показывают, что при ограничении размеров ретропятна апертурными лучами имеет место следующая связь:

$$u_{x,y} \approx w_{x,y} + \frac{r}{F} |\delta z|,$$
 (4)

где $|\delta z|$ – осевое смещение диффузного отражателя относительно положения точной фокусировки лазерного пятна на его поверхности, r – радиус линзы.

Как известно. ближнее поле излучения инжекционного лазера имеет вытянутую форму ($w_{..}=w_{..}$). На основании (3) и (4) нетрудно убедиться, что падение коэффициента Е в два раза происходит при смещении объекта на $|\delta z|_{a,s}: w_x/(r/F)$ от положения точной фокусировки. При небольших значениях числовой апертуры $A \approx r/F$, поэтому $|\delta z|_{\infty}$: w_x/A . Можно показать, что полученная приближенная оценка пригодна и для схемы с двумя близкорасположенными объективами, показанной на рис. 1, при замене F на F/2, то есть $|\delta z|_{0.5}$: $w_x/2A$. Таким образом, при мкм и для полной ширины кривой имеем $2|\delta z|_{0.5}$: 2,3 мкм.

Зависимость максимальной величины автодинного сигнала от смещения объекта приведена на рис. 3.

Уменьшение сигнала при удалении от максимума кривой связано с уменьшением доли мощности вернувшегося излучения, перекрывающегося с внутренним полем лазера. Как видно, экспериментальная зависимость существенно менее резкая, чем при чисто торцевом проникновении поля в лазер. Это означает, что в данной конструкции оптический эхо-сигнал проникает в активную

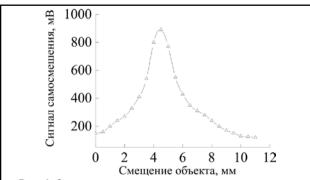


Рис. 3. Зависимость автодинного сигнала от смещения диффузно отражающего объекта при амплитудной модуляции оптического эхо-сигнала

область преимущественно через боковые поверхности лазера, чему способствуют, в частности, переотражения света во внутренней камере лазерного модуля. Определенный вклад в уширение кривой могут давать неточная внеосевая фокусировка пучка, а также дифракция на апертурных отверстиях объективов.

Рис. 4 (верхняя кривая) иллюстрирует форму автодинного сигнала с pin-фотодиода при подаче на электродинамик гармонического напряжения от звукового генератора (нижняя кривая).

Одно полное колебание автодинного сигнала соответствует осевому перемещению отражателя на $\lambda/2$, то есть изменению фазы возвращающейся в лазер волны на 2π . Изменение частоты автодинных колебаний связано с изменением скорости перемещения отражателя. Это явление можно рассматривать как изменение частоты обратно рассеянного излучения за счет эффекта Доплера. а сам автодинный сигнал - как результат когерентного детектирования лазером светового потока от внешнего объекта в режиме оптического гетеродинирования, при котором роль опорного излучения играет внутрирезонаторное световое поле.

Амплитуда доплеровского сигнала при фазовой модуляции (рис. 5) испытывает влияние дефокусировки, аналогичное тому, которое наблюдалось в режиме амплитудной модуляции (рис. 3).

Наличие пиков автодинного сигнала и участков его падения при промежуточных смещениях может быть связано со структурой автокорреляционной функции (АКФ) излучения [9]. В рамках модели узкополосного слу-

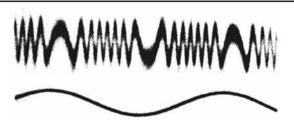


Рис. 4. Осниплограмма допперовского автодинного сигнала, формирующегося в полупроводниковом лазере при фазовой модуляции оптического эхо-сигнала: верхняя кривая – отклик лазера на колебания диффузного отражателя; нижняя - временная зависимость модулирующего напряжения

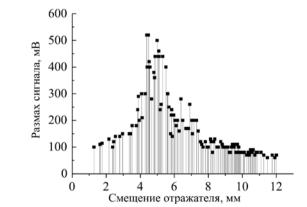


Рис. 5. Зависимость размаха доплеровского сигнала от положения диффузного отражателя в точках локальных максимумов

чайного процесса показано, что АКФ многомодового (по продольным модам) лазера $r(\tau)$ факторизуется в виде [9]:

$$r(\tau) = r_1(\tau) \cdot r_2(\tau) \cdot r_3(\tau), \tag{5}$$

где $\tau = 2lk$, l – расстояние от лазера до внешнего объекта, c – скорость света. Сомножитель $r_{s}(\tau)$ определяется спектральной шириной отдельной моды лазера. $r_{2}(\tau)$ – модовой структурой спектра, $r_{2}(\tau)$ – средней длиной волны генерации. Функция описывает медленный спад АКФ, $r_{2}(\tau)$ – ее высокочастотное заполнение (рис. 4). Фактор $r_2(\tau)$ отвечает за дополнительную периодичность АКФ, связанную с наличием в спектре множества мод. Анализ показывает, что при многомодовом спектре основные пики функции $r_2(\tau)$ расположены на расстояниях, равных оптической длине собственного резонатора лазера $\bar{n}_a L$.

Для выяснения модовой структуры излучения в систему введен спектральный канал, содержащий отражательную дифракционную решетку, длиннофокусный объектив и малогабаритную телевизионнаую установку. Изображение спектра с экрана установки с помощью цифровой камеры переносилось в компьютер, где представлялось в удобной для анализа форме. Рис. 6 иллюстрирует изменение модового состава излучения с изменением тока накачки вблизи порога генерации для лазера в отсутствие связи от внешнего объекта.

Как видно из рис. 6, спектр излучения уединенного лазера вблизи порога многомодовый, что подтверждает дополнительную периодичность АКФ и объясняет наличие локальных пиков автодинного сигнала (рис. 5). Нерегулярность положения пиков может быть связана с условиями эксперимента (влиянием температурного дрейфа в течение цикла измерений, случайными механическими воздействиями и т. п.), а также с возможными неконтролируемыми изменениями модовой структуры излучения при изменении условий ООС.

Заключение

Использование многомодовых лазеров не уменьшает чувствительности датчика к продольным смещениям объекта Δl , которая определяется рабочей длиной волны лазера λ. При этом одно полное колебание автодинного сигнала соответствует $\Delta l = \lambda/2$. Многомодовость спектра приводит к тому, что максимальный автодинный отклик следует ожидать на расстояниях до объекта, кратных оптической длине собственного резонатора лазера $\bar{n}_{.}L$.

Вывод касается «истинно» многомодовых лазеров, работающих на нескольких продольных модах одно-

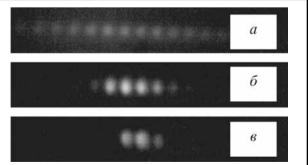


Рис. 6. Модовая структура излучения квантоворазмерного AlGaInP лазера при различных токах накачки (мА): a) 29; 6) 30; e) 33

временно. Однако возможны ситуации, когда с изменением условий работы (тока накачки, уровня ООС и др.) происходит изменение модового состава излучения или индекса доминирующей моды [10, 11]. Анализ характеристик датчиков, работающих в таких условиях, выходит за рамки настоящей работы и требует специального рассмотрения.

Эффекты дефокусировки при использовании собирающей оптики не оказывают существенного влияния на величину автодинного сигнала при смещениях рассеивающего объекта вплоть до значений, намного превышающем среднюю длину волны генерации лазера.

Литература:

- 1. Lang, R. External optical feedback effects on semiconductor injection laser properties / R. Lang, K. Kobayashi // IEEE J. of Quantum Electronics. - 1980. -V. 16. - №3. - P. 347-355.
- 2. Ву Ван Лык. Оптический и электрический отклики в InGaAsP/InP-лазерах и усилителях на внешнюю обратную связь и их применение / Ву Ван Лык, П. Г. Елисеев, М. А. Манько, М. В. Цоцория // Труды ФИ АН им. П. Н. Лебедева. - 1992. - Т. 216. - С. 145-171.
- 3. Giuliani, G. Laser diode self-mixing technique for sensing applications / G. Giuliani, M. Norgia, S. Donati, T. Bosch // J. of Optics A: Pure and Applied Optics. – 2002. - V. 4. - P. S283-S294.
- 4. Norgia, M. A displacement-measuring instrument utilizing self-mixing interferometry / M. Norgia, S. Donati // IEEE Trans-actions on Instrumentation and Measurement. – 2003. – V. 52. – №6. – P. 1765-1770.
- 5. Giuliani, G. Self-mixing laser diode vibrometer / G. Giuliani, S. Bozzi-Pietra, S. Donati // Measurement Sciense and Technol-ogy. – 2003. – V. 14. – P. 24-32.
- 6. Карих, Е. Д. Метод самосмешения в спектроскопии квазиупругорассеянного лазерного излучения //

Журн. прикладной спектроскопии, 2002. - Т. 69. - №6. -C. 762-767.

الما المالية

- 7. Ruiz-Llata, M. Self-mixing technique for vibration measure-ments in a laser diode with multiple modes created by optical feedback / M. Ruiz-Llata, H. Lamela // Applied Optics. - 2009. - V. 48. - №15. - P. 2915-2923.
- 8. Карих. Е. Д. Прецизионный датчик смещения на основе полупроводникового инжекционного лазера / Е. Д. Карих, П. А. Тельнов // Квантовая электроника: материалы VIII Межд. науч.-техн. конф. – Минск, 22-25 нояб. 2010 г. – Мн.: Изд. центр БГУ, 2010. – С. 144.
- 9. Карих, Е. Д. Когерентные свойства излучения многомодовых лазеров. Квантовая электроника: материалы VIII Межд. науч.-техн. конф. – Минск, 22-25 нояб. 2010 г. - Мн.: Изд. центр БГУ, 2010. - С. 91.
- 10. Katagiri, Y. Increased spatial frequency in interferential un-dulations of coupled cavity lasers / Y. Katagiri, S. Hara // Applied Optics. - 1994. - V. 33. -Nº24. - P. 5564-5570.
- 11. Rvan. A. T. Optical-feedback-induced chaos and its control in multimode semiconductor lasers/ A. T. Rvan. G. P. Agraval, G. R. Gray // IEEE J. of Quantum Electronics. - 1994. - V. 30. - №3. - P. 668-678.

Abstract

The characteristics of autodyne regime in the semiconductor injection laser detecting echo signal from the diffuse reflecting object are studied. It is established that the autodyne signal has maximum value when pumping current is slightly above the threshold current where laser radiation contains many longitudinal modes. The influence of the effects of defocusing and autocorrelation properties of radiation on the value of autodyne signal was analyzed. The obtained results can be used for the construction of the precise sensors of displacement on the basis of semiconductor injection lasers.

Поступила в редакцию 04.02.2011.

МІLEX-2011: ПЕРСПЕКТИВНЫЕ РАЗРАБОТКИ

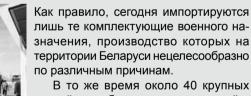
Прошедшая в Минске 6-я Международная выставка вооружения и военной техники MILEX-2011 стала надежной и перспективной маркетинговой площадкой, отметил председатель Госвоенпрома Беларуси С. Гурулев.

В числе наиболее эффективных отечественных оборонных разработок руководитель ГВПК назвал средства

разведки, радиоэлектронного подавления, цифровой радиосвязи пятого и шестого поколений. Белорусское вооружение и военная техника конкурентоспособны на мировом рынке и обладают высокими тактикотехническими характеристиками.

С. Гурулев отметил, что для оборонных предприятий финансовые затруднения, возникшие в последнее время в нашей стране, вполне преодолимы и не скажутся на качестве производства вооружения и военной техники. Импортная составляющая в продукции отечественной «оборонки» колеблется от 10 до 50%.

Ведется планомерная работа по ее сокращению.



российских оборонных предприятий в своем производстве используют продукцию, произведенную предприятия-

ми белорусского Госвоенпрома.

Александр Холод.



EEROM EEPROM EEPROM EEPROM OM EEPROM EEPROM EEPROM EE ERROM EPROM EPROM

PRIOR

AL PAL

> +375 (17) 266-32-09 www.chipstar.ru