

*В роботі запропонована математична модель спеціалізованої системи інтеграції корпоративних даних, як частини сервісної шини підприємства, яка ґрунтується на паттернах інтеграції. Запропонована модель описує логічну структуру інтегрованих даних і процеси інтеграції на основі зв'язаних даних та об'єктно-орієнтованого підходу. Розглянуті практичні аспекти інтеграції корпоративних даних на основі запропонованої в роботі моделі*

*Ключові слова: інформаційні системи, сервісна шина підприємства, пов'язані дані, розподілені об'єкти, патерни інтеграції*

*В работе предложена математическая модель специализированной системы интеграции корпоративных данных, как части сервисной шины предприятия, которая основывается на паттернах интеграции. Предложенная модель описывает логическую структуру интегрируемых данных и процессы интеграции на основе связанных данных и объектно-ориентированного подхода. Рассмотрены практические аспекты интеграции корпоративных данных на основе предложенной в работе модели*

*Ключевые слова: информационные системы, сервисная шина предприятия, связанные данные, распределенные объекты, паттерны интеграции*

# РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ ИНТЕГРАЦИИ КОРПОРАТИВНЫХ ДАНЫХ НА ОСНОВЕ ПАТТЕРНОВ

**И. Н. Галушка**  
Ассистент\*

E-mail: ilona.galushka@gmail.com

**С. С. Щербак**

Кандидат технических наук,  
старший научный сотрудник, доцент\*

E-mail: sergey.shcherbak@gmail.com

\*Кафедра информационно-управляющих систем  
Кременчугский национальный университет  
им. Михаила Остроградского  
ул. Первомайская, 20,  
г. Кременчуг, Украина, 39600

## 1. Введение

На сегодняшний день автоматизация технологических и бизнес-процессов современного предприятия, становится все более актуальной задачей. Множество информационных систем, составляющих инфраструктуру предприятия, зачастую представляют собой неоднородное информационное пространство, взаимодействие между компонентами которого частично автоматизировано или подразумевает ручной режим передачи и адаптации данных. Такое взаимодействие не способствует повышению эффективности работы предприятий и требует создания унифицированных, развитых, коммуникационных интерфейсов, обеспечивающих высокий уровеньinteropеральности (способности к взаимодействию), составляющих инфраструктуру предприятия информационных систем. Подобные информационные системы будем называть унаследованными, подразумевая их наличие на предприятии до внедрения интеграционных технологий.

Унаследованные информационные системы являются широко используемыми в отечественном бизнесе, что с учетом необходимости обеспечения их межсистемной коммуникации, обуславливает поиск и создание новых легковесных интеграционных технологий.

Далее, проведем анализ литературных данных и сформулируем постановку проблемы исследования.

## 2. Анализ литературных данных и постановка проблемы

Различные аспекты разработки математических моделей систем интеграции корпоративных данных отражены во многих изданиях, в частности:

- интеграция информационных ресурсов и систем рассмотрены в публикациях [1–5];
- формальные аспекты задачи моделирования интеграционных систем представлены в изданиях [6–9];
- исследование моделей интеграции данных и рассмотрение паттернов интеграции информационных систем отражено в работах [10–12].

Проведенный анализ указывает на объективное существование различных подходов к разработке математической модели системы интеграции корпоративных данных и отсутствие однозначных аргументов в пользу выбора одного из этих подходов.

С учетом вышеизложенного, задача исследования в настоящей статье формулируется следующим образом. Рассматриваются вопросы интеграции источников корпоративных данных в контексте создания единого информационного пространства территориально-распределенного предприятия на базе унаследованных информационных систем и открытой сервисной шины на основе связанных данных. В отличие от известных решений подобных задач концепция связанных данных предоставляет гибкие и легковесные

средства для повышения эффективности интеграционных процессов, что и предполагается использовать для разработки специализированных систем интеграции корпоративных данных.

### 3. Цель и задачи исследования

Исходя из проведенного анализа, целью данной работы является повышение эффективности электронного документооборота территориально-распределенного предприятия путем разработки математической модели специализированной системы интеграции корпоративных данных и программных средств и технологий, основанных на данной модели.

Для достижения цели составляется классификация платформ и паттернов интеграции и решается задача формализации процесса интеграции корпоративных данных, как части специализированной информационной системы, и разработка соответствующей ей математической модели.

### 4. Классификация платформ и паттернов интеграции

По мере развития бизнеса необходимость использования интеграционных платформ становится особенно актуальной, поэтому вопросы выбора интеграционной технологии становятся особенно важными, в связи с чем, рассмотрим широко используемые подходы к интеграции в виде различного рода паттернов и определим наиболее приемлемые типы и наборы характеристик интеграционных платформ.

В зависимости от взаимодействия наследуемых информационных систем, можно выделить структурные паттерны интеграции по типу взаимодействия [13]:

- паттерн “точка-точка” (применяется при стихийной интеграции систем);
- паттерн “звезда” (характеризуется наличием интегрирующей среды, управляющей взаимодействием подсистем в рамках информационной системы в целом);
- смешанный подход (сочетает преимущества централизации управления процессами взаимодействия систем, унификации интерфейсов, а также возможностью использовать прямые интерфейсы между системами).

В зависимости от используемого метода интеграции выделяют паттерны интеграции систем по данным (англ. Data-centric), паттерны интеграции с использованием функционально-центрического (англ. Function-centric) подхода, паттерны интеграции с использованием объектно-центрического (англ. Object-centric) подхода и паттерны интеграции на основе единой понятийной модели предметной области (англ. Concept-centric) [14].

По типу обмена данными существует ряд нижеприведенных подходов интеграции с соответствующими им паттернами [15]:

1. Паттерн интеграции на основе файлового обмена данными в основном базируются на паттерне “точка-точка”, в котором информационные системы

экспортируют общие данные в формате пригодном для импорта в другие системы.

2. Паттерн интеграции на основе использования единой базы данных позволяет получить полностью интегрированную систему приложений, работающую с едиными данными в любой момент времени.

3. Паттерн интеграции, реализующий удаленный вызов процедур, который является реализацией объектно-центрического подхода, где приложения интегрированы на уровне функций.

4. Паттерн интеграции на основе обмена сообщениями базируется на асинхронном обмене сообщениями посредством шины данных и предназначен для интеграции независимых приложений, где за логику интеграции отвечает интеграционная шина. В отличие от других типов интеграции в рамках данного паттерна можно относительно легко интегрировать новые системы путем изменения логики интеграции и приведения ее в соответствие с бизнес логикой предприятия.

Классификация вышеприведенных паттернов интеграции представлена на рис. 1. Таким образом, паттерны интеграции были сгруппированы по методу интеграции и по типу обмена данными между информационными системами.

С учетом вышеприведенной классификации, наиболее приемлемым решением на наш взгляд является использование объектно-центрических и паттернов интеграции на основе обмена сообщениями.

Далее, рассмотрим наиболее широко известные интеграционные платформы (рис. 2), позволяющие реализовать проекты по интеграции корпоративных данных.

Программный комплекс IBM WebSphere построен на основе концепции сервисно-ориентированной архитектуры (англ. SOA) и предназначен для реализации интеграционных решений и решений по управлению бизнес-процессами на базе SOA. К недостаткам платформы можно отнести сложную организацию защиты информации в системе, опирающейся на другие продукты IBM. Этот комплекс включает в себя Federation Server, ETL-систему DataStage, системы Information Analyzer и Quality Stage для профилирования и очистки данных, сервер метаданных Metadata Server. Все эти продукты входят в состав нового пакета IBM Information Server, реализующего единую, построенную на принципах многократного использования сервисов архитектуру интеграции данных и управления разнородной информацией. Ядром этой архитектуры является среда управления метаданными, пользователям предоставляется возможность многофункциональной работы с данными посредством ролевых интерфейсов, имеются мощные механизмы параллельной обработки больших объемов данных [16].

Корпорация Oracle поставляет технологии нескольких классов, ориентированные на разные типы интеграции: на уровне данных (технология Transparent Gateways и адаптеры базы данных), на уровне пользовательского интерфейса (портал), на уровне сервера приложений и MOM. Общим для всех этих решений является использование объектно-реляционной СУБД Oracle в качестве базы, в которой хранятся все метаданные и настройки ин-

теграции, вместе с рабочими данными (свойствами объектов и очередей сообщений). Кроме того, одним из базовых блоков платформы выступает сервер приложений Oracle Application Server, представляющий собой композиционный продукт, включающий инфраструктурные компоненты Java2EE, репозиторий данных и т. п. Преимуществом интеграционной платформы Oracle является наличие средств управления интеграционными метаданными. К недостаткам можно отнести сложность внедрения из-за желания сделать продукт пригодным как для внутренней, так и для межкорпоративной интеграции [17].

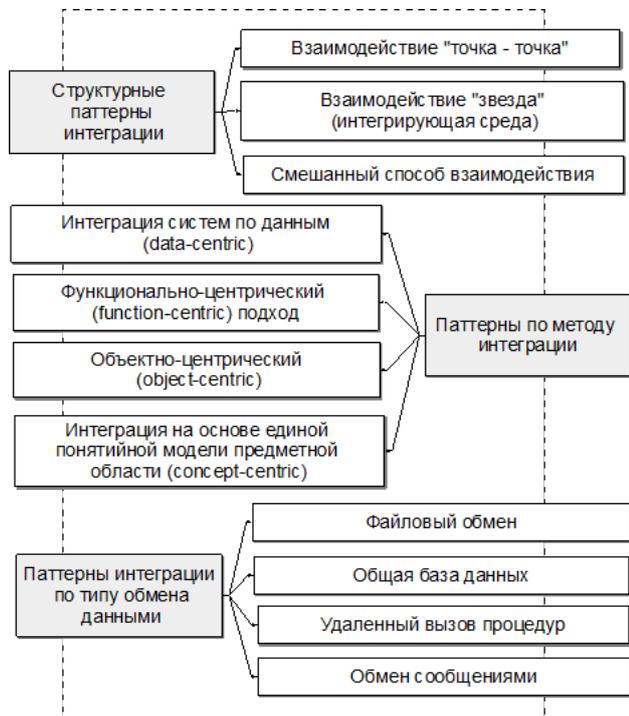


Рис. 1. Паттерны интеграции корпоративных информационных систем

OpenLink Virtuoso – это промежуточное программное обеспечение (ПО) с высокопроизводительной графовой базой связанных данных (англ. LinkedData), интегрированной реляционной СУБД и поддержкой языка структурированных запросов SQL. Это ПО поддерживает транзакции и содержит SQL-компилятор, средства резервного копирования, поддержку SQL, мощный язык для хранимых процедур, поддерживающий Java, .NET и другие технологии на стороне сервера. Кроме того, поддерживаются все основные интерфейсы доступа к данным, включая ODBC, JDBC, ADO.NET и OLE/DB [18].

Virtuoso поддерживает язык SPARQL, встроенный в SQL, для получения данных из базы данных, использующих модель представления RDF, и реализует подход хранилищ данных, который в последнее время стал базовым. Он подразумевает поддержку логической связанности данных в специальных хранилищах независимо от породившей их бизнес-логики. Доступ к хранилищам могут получать различные приложения.

Во многом благодаря успеху программных комплектов и инструментов интеграции, созданных на

основе реляционных баз данных и сопутствующих стандартов (таких как SQL и ODBC), интеграция на уровне данных продолжает лидировать в качестве способа оптимизации взаимосвязей между различными системами. Однако работа с хранилищами данных может вызвать некоторые проблемы из-за использования общей модели данных для всего набора приложений, что ограничивает гибкость приложений [19–21].

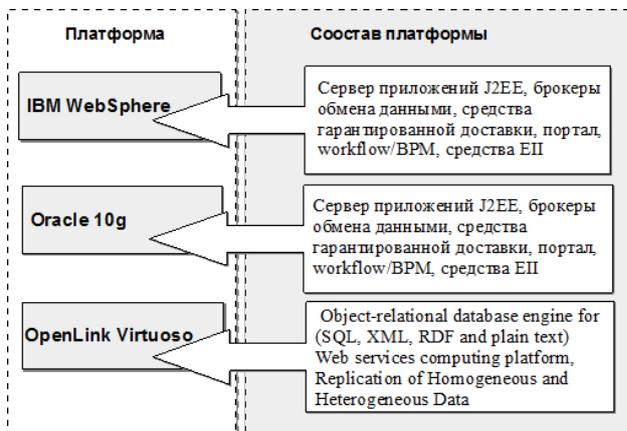


Рис. 2. Платформы интеграции корпоративных данных

Таким образом, можно сделать вывод, что на сегодняшний день существует ряд комплексных решений для организации интеграции корпоративных данных, которые представляют собой дорогие и тяжелые с точки зрения внедрения решения. Применение подобных решений для решения задач лоскутной автоматизации при относительно небольшом количестве интегрируемых источников данных даже в условиях повышенной гетерогенности данных экономически не целесообразно, и требует создания адаптивных легко-настраиваемых интуитивно-понятных средств интеграции корпоративных данных.

С учетом вышесказанного, разработаем математическую модель специализированной системы интеграции на основе сервисной шины предприятия и математических средств концепции связанных данных.

### 5. Математическая модель специализированной системы интеграции корпоративных данных

Пусть инфраструктура территориально-распределенного предприятия представляет собой совокупность не связанных или частично связанных унаследованных информационных систем, тогда в общем виде унаследованную информационную систему предприятия  $I$  представим математической моделью в виде следующего кортежа:

$$I = \langle X, Y, Z \rangle, \tag{1}$$

где  $X$  – классы, которые задают логическую структуру и семантику программной реализации информационной системы предприятия, обеспечивающую средства интерактивного взаимодействия пользователя с си-

стемой,  $Y$  – экземпляры соответствующих классов  $X$ ,  $Z$  – присоединенные процедуры, которые реализуют функциональность классов, тогда специализированная система интеграции корпоративных данных может быть представлена с помощью следующего выражения:

$$IS^I = \langle S^{IS}, G^{IS}, Q^{IS} \rangle, \quad (2)$$

где  $Q^{IS}$  – присоединенные процедуры, реализующие функциональность специализированной системы интеграции, в частности, соответствующие реализации алгоритмов интеграции корпоративных данных,  $S^{IS}, G^{IS}$  – классы и соответствующие им экземпляры классов специализированной системы интеграции, при чем  $S^{IS} \subset X$ ,  $G^{IS} \subset Y$ ,  $Q^{IS} \subset Z$ .

Таким образом, математическую модель специализированной системы интеграции корпоративных данных представим формулой (2).

Пусть информационная система предприятия на основе объектно-ориентированного подхода представлена моделью, которая задана формулой (1), а специализированная система интеграции определяется формулой (2), тогда зададим с помощью следующего выражения преобразование  $X_n$ , которое даст возможность интегрировать в качестве составляющей специализированной системы интеграции графовое представление шаблонов интегрируемых данных  $Y$ :

$$\sigma_1: Y \rightarrow G^{IS}, \quad (3)$$

где  $G^{IS}$  – экземпляры классов  $S^{IS}$ .

Рассмотрим более подробно реализацию шаблона интегрируемых данных  $Y$ , как четырехэлементной структуры связанных данных (англ. Quad):

$$Y = \langle C, O, A, V \rangle, \quad (4)$$

где  $C$  – граф, определяющий контекст связанных данных,  $O$  – объект,  $A$  – атрибут,  $V$  – значение.

*Замечание 1.* Согласно концепции связанных данных, каждой составляющей  $Y$  необходимо поставить в соответствие универсальный идентификатор, соответствующий представлению URL (англ. Uniform Resource Locator), что в контексте рассматриваемой работы будет соответствовать DNS (англ. Domain Name System) имени сервера, на котором будут храниться шаблоны.

Использование URL в выражении (4) обусловлено ориентацией специализированной системы интеграции на использование в Веб.

С учетом необходимости определения весов отношений между объектами в паттернах интеграции определим непересекающееся с другими подмножество  $M \subset Y$ , как средство определения весов атрибутивных связей  $A$ . Тогда отображение  $\sigma_2$  весов  $M$  на атрибуты  $A$  зададим с помощью следующего выражения:

$$\sigma_2: M \rightarrow A, \quad (5)$$

где  $M$  – веса связей, устанавливаемые оператором специализированной системы интеграции.

С учетом вышесказанного, процесс интеграции корпоративных данных будем формально рассматривать как присоединенную процедуру  $q \in Q^{IS}$  специализированной системы интеграции, реализующую отображение паттерна интеграционных данных на систему типов (классов)  $X$  информационной системы предприятия.

Таким образом, математическую модель специализированной системы интеграции корпоративных данных представим формулами (2)–(5).

Далее, рассмотрим особенности практического внедрения программной реализации предложенной в работе модели.

## 6. Практические аспекты интеграции корпоративных данных и обсуждение результатов

Применение настраиваемых на источник корпоративных данных специализированных систем интеграции может обеспечить комплексное решение проблемы объединения разнородных источников в единое информационное пространство предприятия только в случае внедрения в инфраструктуру предприятия сервисных шин предприятия, представляющих единый коммуникационный интерфейс для всех компонентов инфраструктуры на основе унифицированных протоколов передачи сообщений.

В рамках такого подхода, специализированная система интеграции выступает в качестве интеграционного брокера, обеспечивающего семантическую трансляцию сообщений между источником унаследованной информационной системы и сервисной шиной предприятия. С учетом того, что предлагаемое решение интеграции на основе модели специализированной системы интеграции, задаваемой выражением (2), ориентируется на использование технологического стека протоколов и средств связанных данных, то наиболее приемлемым решением как экономически, так и с точки зрения сложности развертывания решения является решение на основе интеграционной платформы Openlink Virtuoso.

В рамках выбранной платформы интеграции в качестве коммуникационного протокола между интеграционными брокерами был выбран протокол SPARQL, обеспечивающий приемлемый уровень интероперабельности компонентов инфраструктуры предприятия и единый интерфейс доступа на основе одноименного языка SPARQL (англ. SPARQL Query Language for RDF).

С учетом вышесказанного, архитектуру специализированной системы интеграции приведем на рис. 3, где ИБ<sub>1</sub>-ИБ<sub>n</sub> – интеграционные брокеры, ИД<sub>1</sub>-ИД<sub>n</sub> – источники данных унаследованных информационных систем (УИС).

Таким образом, специализированная система интеграции с помощью коммуникационного протокола взаимодействия SPARQL обеспечивает унифицированный способ подключения новых источников, структурно-логическая схема которых может быть задана с помощью соответствующего паттерна на основе технологий связанных данных.

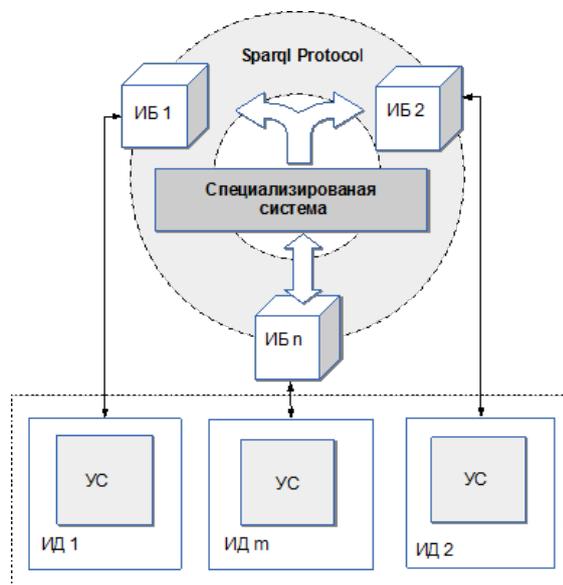


Рис. 3. Архитектура специализированной системы интеграции корпоративных данных на основе SPARQL-протокола

## 6. Выводы

1. Предложена классификация существующих паттернов интеграции корпоративных данных и дана краткая характеристика интеграционным платфор-

мам IBM WebSphere, Transparent Gateways, OpenLink Virtuoso, что позволило обеспечить выбор приемлемого решения для интеграции на уровне данных в пользу адаптивных легко-настраиваемых интуитивно-понятных средств интеграции.

2. Предложена математическая модель специализированной системы интеграции корпоративных данных, как части сервисной шины предприятия, которая обеспечивает логическое согласование и формальное описание структур интегрируемых данных в виде шаблонов иерархически организованных распределенных объектов с унифицированными интерфейсами доступа. Данная модель содержит функции отображения, формально описывающие процессы интеграции на основе связанных данных и объектно-ориентированного подхода, что позволяет повысить эффективность взаимодействия унаследованных информационных систем предприятия.

3. Рассмотрены практические аспекты реализации интеграции корпоративных данных, демонстрирующие преимущества и эффективность решений, создаваемых на основе предложенной модели и выбранной открытой интеграционной платформы OpenLink Virtuoso.

4. Разработана архитектура специализированной системы интеграции корпоративных данных на основе сервисной шины предприятия и технологий связанных данных. Данная архитектура представляет собой совокупность интеграционных брокеров и описывается в терминах концепции связанных данных трансляцию интегрируемой информации между источниками унаследованных информационных систем.

## Література

1. Росинский, В. В. Обеспечение интеграции данных в корпоративных информационных системах на основе прогрессивных web-технологий [Текст] / В. В. Росинский // Вісник ДУИКТ. – 2012. – Т. 10, № 1. – С. 87.
2. Приходько, С. А. Интеграция информационных и вычислительных ресурсов Интернета [Текст] / С. А. Приходько, А. И. Андрухин // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Сер.: Інформатика, кібернетика та обчислювальна техніка. – 2008. – Вип. 9. – С. 255–264.
3. Рудакова, А. В. Проблемы интеграции сложных систем [Текст] / А. В. Рудакова // Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы: научно-технический журнал. – 2008. – № 2. – С. 43–48.
4. Лобузина, К. В. Сучасні підходи до інтеграції електронних інформаційних ресурсів бібліотек [Текст] / К. В. Лобузина // Вісник Книжкової палати. – 2012. – № 12. – С. 24–28.
5. Когаловский, М. Р. Методы интеграции данных в информационных системах. Институт проблем рынка РАН [Текст] / М. Р. Когаловский. – М., 2010. – 74 с.
6. Кулик, Ю. А. Методика создания контекстно-независимой системы интеграции данных [Текст] / Ю. А. Кулик, А. С. Ковалев // Радиоелектронні і комп'ютерні системи. – 2011. – № 1. – С. 46–51.
7. Чернявская, И. М. Оптимизация проектирования интегрированной информационной системы управления [Текст] / И. М. Чернявская // Управління проектами та розвиток виробництва. – 2005. – № 3(15). – С. 123–134.
8. Rathje, B. D. Designing and Building Integrated Digital Library System – Guidelines [Text] / B. D. Rathje, M. McGrory, C. Pollett, P. Voutilainen. – under the auspices of the IFLA Libraries for the Blind Section The Hague, IFLA Headquarters, 2005. – 67 p.
9. Briukhov, D. O. Ontology Specification and Integration Facilities in a Semantic Interoperation Framework [Text] / D. O. Briukhov, S. S. Shumilov // Proc. of the Second Intern. Workshop ADBIS'95. Moscow, 1995. – P. 195–200.
10. Зайцев, О. В. Модель інтеграції даних від різних інформаційних джерел на основі теорії свідочств [Текст] / О. В. Зайцев, Т. В. Савченко, С. І. Глухов // Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – 2013. – Вип. 43. – С. 142–146.
11. Baklanov, A. A. Integrated multi-scale models of interacting urban meteorology/climate and air quality: outcomes from megapoli [Text] / A. A. Baklanov // Український гідрометеорологічний журнал. – 2013. – № 12. – С. 31–38.
12. Евланов, М. В. Обобщенная модель фреймворка функционального сервиса информационной системы [Текст] / М. В. Евланов, В. А. Никитюк // Системи обробки інформації. – 2013. – Вип. 1. – С. 194–199.
13. Дубина, О. Обзор паттернов проектирования [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://citforum.ru/SE/project/pattern/index.shtml#toc> (Дата обращения: 09.03.2015).
14. Бек, К. Шаблоны реализации корпоративных приложений [Текст] / К. Бек. – М.: Издательский дом «Вильямс». – 2008. – 176 с.

15. Шаппелл, Д. ESB – Сервисная шина предприятия [Текст] / Д. Шаппелл; пер. с англ. – СПб. : БХВ-Петербург, 2008. – 368 с.
16. Когаловский, М. Р. Перспективные технологии информационных систем [Текст] / М. Р. Когаловский. – Москва ИТ-Экономика, 2003. – 288 с.
17. Хоп, Г. Шаблоны интеграции корпоративны приложений [Текст] / Г. Хоп; пер. с англ. – М. : ООО "И.Д. Вильямс", 2007. – 672 с.
18. Hohpe, B. Woolf. Enterprise Integration Patterns: Designing, Building, and Deploying Messaging Solutions [Text] / B. Hohpe. – Addison-Wesley, 2004.
19. Liyang, Yu. A Developer's Guide to the Semantic Web [Text] / Yu. Liyang. – Springer; 2nd ed. 2014 edition, 2014. – 829 p. doi: 10.1007/978-3-662-43796-4
20. Botzenhardt, A. Developing a Domain Ontology for Software Product Management. Proceedings of the 5th International Workshop on Software Product Management (IWSPM-2011) [Text] / A. Botzenhardt, A. Maedche, J. Wiesner // Fifth International Workshop on Software Product Management (IWSPM), 2011. – P. 7–16. doi: 10.1109/iwspm.2011.6046207
21. Maedche, A. Proc. 6th European PKDD Conf. LNCS V. 2431 [Text] / A. Maedche, V. Zacharias. – Berlin:Springer, 2002. – 348 p.

*Запропоновано новий метод побудови непараметричної динамічної моделі око-рухового апарату людини з урахуванням його інерційних і нелінійних властивостей на основі даних експерименту «вхід-вихід». Отримала подальший розвиток технологія відстеження поведінки зіниці за допомогою відеореєстрації, що дозволило визначати динамічні характеристики ока за даними спостережень «вхід-вихід». На основі експериментальних даних із застосуванням ефективних обчислювальних алгоритмів і програмних засобів обробки даних отримана непараметрична динамічна модель системи руху ока людини*

*Ключові слова: око-руховий апарат, моделювання, непараметричні динамічні моделі, ядра Вольтерра, багатовимірні перехідні характеристики*

*Предложен новый метод построения непараметрической динамической модели глаза-двигательного аппарата человека с учётом его инерционных и нелинейных свойств на основе данных эксперимента «вход-выход». Получила дальнейшее развитие технология отслеживания поведения зрачка при помощи видеорегистрации, что позволило определять динамические характеристики глаза по данным наблюдений «вход-выход». На основе экспериментальных данных с применением эффективных вычислительных алгоритмов и программных средств обработки данных получена непараметрическая динамическая модель системы движения глаза человека*

*Ключевые слова: глазо-двигательный аппарат, моделирование, непараметрические динамические модели, ядра Вольтерра, многомерные переходные характеристики*

УДК 004.942

DOI: 10.15587/1729-4061.2015.41448

# МЕТОД И ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОСТРОЕНИЯ НЕПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ГЛАЗО- ДВИГАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

**А. А. Фомин**

Кандидат технических наук, доцент\*

E-mail: aleksandr.fomin@gmail.com

**М. М. Масри**

Аспирант\*

E-mail: mohannad\_massri@live.com

**В. Д. Павленко**

Доктор технических наук, профессор\*

E-mail: pavlenko\_vitalij@mail.ru

**А. Н. Федорова\***

E-mail: camomile763@gmail.com

\*Кафедра компьютеризированных систем управления

Одесский национальный

политехнический университет

пр. Шевченко, 1, г. Одесса, Украина, 65044

## 1. Введение

Технологии управления на основе отслеживания траектории движения глаза (eye-tracking) начинают получать всё большее распространение [1, 2]. Тра-

диционные сферы внедрения таких решений – это медицинская (офтальмологическая) диагностика и коррекция зрения [3, 4], построение интерфейсов в информационных системах, управление сложными техническими объектами, процесс физической трени-