

**МЕТОД РАЗРАБОТКИ БАЗ ДАННЫХ,
ЛЕГКО АДАПТИРУЕМЫХ К ИЗМЕНЕНИЯМ В ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ****Введение**

Исследования актуального состояния информатизации в компаниях, организациях, учреждениях свидетельствуют о том, что во многих из них эксплуатируются разноплановые информационные системы организационного управления (ИСОУ). При этом для решения новых задач, связанных с расширением сферы деятельности и, соответственно, предметных областей (ПрО), возникает потребность в более функциональных, с улучшенными характеристиками качества информационных систем (ИС), которые требуют меньших затрат на сопровождение. То есть существующие информационные системы и их основной функциональный компонент база данных (БД) требуют реализации процедур реинжиниринга («систематической трансформации существующей системы с целью улучшения ее характеристик качества, поддерживаемой ею функциональности, понижения стоимости ее сопровождения, вероятности возникновения значимых для заказчика рисков, уменьшения сроков работ по сопровождению системы» [1]). При этом одним из важных требований, предъявляемых к процессу реинжиниринга БД ИСОУ, является своевременность завершения соответствующих проектов в рамках запланированного бюджета с заданными характеристиками качества. Однако, как свидетельствуют результаты анализа ИТ-проектов [2 – 4], многие проекты были провалены или завершены с опозданием, причем с гораздо большими затратами, чем планировалось. Это, как правило, связано с ограниченностью функциональности соответствующих методов проектирования. В контексте БД указанная ограниченность обусловлена ориентацией традиционной методологии их проектирования на итерационную, довольно сложную и трудоемкую процедуру. В результате обостряется противоречие между необходимостью адаптации структуры БД ИСОУ к условиям динамичных изменений предметных областей и требованием стабильности структуры создаваемой БД при обеспечении заданных значений ее показателей качества при ограниченности выделяемых временных и финансовых ресурсов. Разрешение данного проблемного противоречия вызывает объективную необходимость пересмотра существующих подходов, методологий и технологий реинжиниринга баз данных.

**Основные отличительные особенности информационной технологии,
обеспечивающей механизм адаптируемости БД ИСОУ к изменениям условий
функционирования**

Опираясь на результаты проведенного анализа: различных информационных технологий (ИТ) управления данными, интеграции данных, реинжиниринга информационных систем, а также тенденций их развития [5 – 20]; классических методов проектирования баз данных и, в первую очередь, реляционных [4, 21 – 23]; различных моделей данных, используемых при моделировании предметных областей [22, 24 – 39], учитывая требования, предъявляемые к корпоративным БД рассматриваемого класса ИС, на основании созданных моделей [40 – 45] и схемы БД, инвариантной к предметным областям [46], была разработана информационная технология (частично представленная в [47]), обеспечивающая механизм адаптируемости БД ИСОУ к изменениям условий функционирования. Она, как совокупность методов, в основу которых были положены разработанные и обоснованные модели данных [40 – 45] и схема БД с универсальным базисом отношений [46], а также специально созданного программного обеспечения, не привязана к конкретным аппаратным платформам, хотя некоторые ее реализации связаны с определенными программными системами.

Некоторые принципиальные отличительные особенности предлагаемой ИТ от традиционной технологии разработки реляционных баз данных (РБД) с целью их интеграции с суще-

ствующими или замены существующих БД показаны на рис. 1, 2 с помощью графического представления основных фаз проектирования РБД ИСОУ в виде взаимосвязанных функциональных блоков методологии моделирования IDEF0.



Рис. 1. Представление основных фаз традиционной технологии проектирования реляционных баз данных в нотации IDEF0

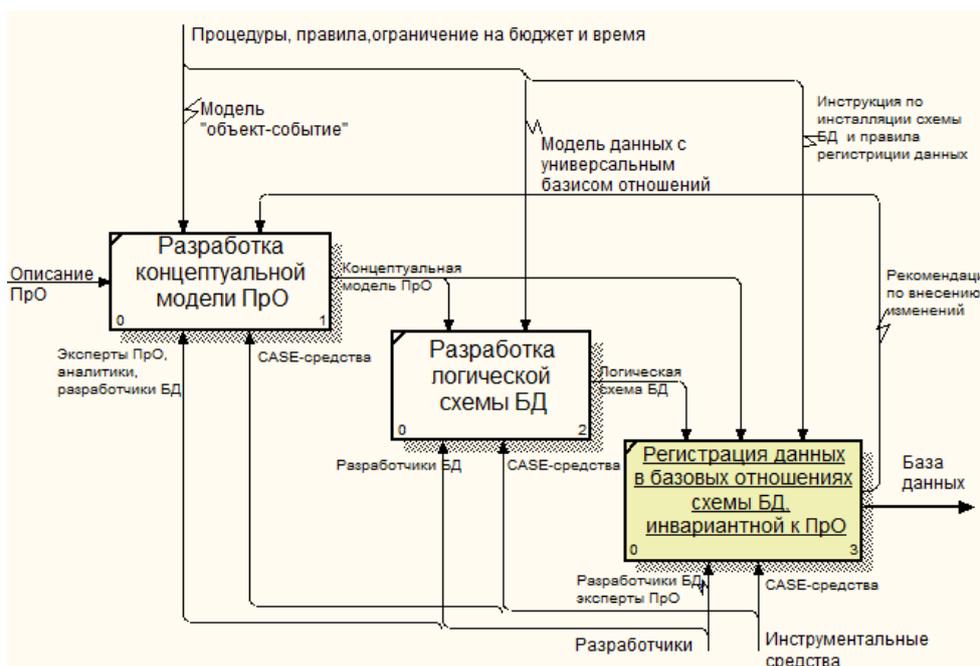


Рис. 2. Представление основных фаз предлагаемой технологии проектирования баз данных в нотации IDEF0

На рис. 1 приведены основные фазы методологии проектирования традиционной реляционной БД с применением средств существующих моделей: одной из так называемых «расширенных» моделей [48] и реляционной. Данный подход, как известно, приводит к затратному характеру процесса проектирования РБД ИСОУ в условиях динамических изменений ПрО. Обоснованность этого утверждения объясняется тем, что при традиционном подходе к проектированию РБД осуществляемая последовательная трансформация описания моделируемой ПрО, выполненного, в частности, с помощью одной из распространенных

«расширенных» моделей – модели «сущность-связь», сначала в отношении (с соответствующими атрибутами) реляционной модели данных, которые затем отображаются в таблицы (с их именами и заголовками столбцов) схемы БД реляционной СУБД, приводит к жесткой взаимосвязанности структуры таблиц физической схемы БД с сущностями моделируемой ПрО, их связями и свойствами, затрудняющей процесс адаптации к изменениям условий функционирования. Динамические изменения ПрО вызывают необходимость корректирования не только концептуальной модели ПрО, но и модификации, во многих случаях значительной, логической и физической схем БД ИСОУ.

Разработанные с целью решения научной проблемы, заключающейся в разрешении сформулированного выше проблемного противоречия, модель «объект-событие» [40 – 43], модель данных с универсальным базисом отношений [44, 45], инвариантная к предметным областям схема БД [46], синтаксическая и семантическая модели языка модели данных (ЯМД) [49, 50] позволили, не изменяя последовательности классического процесса проектирования РБД (при замене соответствующих средств разработки на новые), для различных ПрО создавать БД ИСОУ, отвечающие требованиям потребителей информационного продукта. При этом благодаря разработанным выразительным средствам модели «объект-событие» обеспечивается комплексное представление данных моделируемой ПрО, их структуры и ограничений целостности. Модель данных с универсальным базисом отношений, являющаяся отображением модели «объект-событие», позволила в условиях динамических изменений предметных областей, на этапе логического проектирования РБД ИСОУ упростить создание схем БД, за счет введенного универсального базиса отношений, используя его для описания структур и представления данных (статических и временных свойств объектов) различных моделируемых ПрО. Набор предопределенных отношений инвариантной к ПрО схемы БД, полученных в результате отображения универсального базиса отношений, и имеющих принципиальные отличия в назначении и структуре относительно проектируемых базовых отношений при традиционной технологии, позволил создавать РБД ИСОУ, способные к адаптации в условиях динамических изменений предметных областей при стабильности схемы БД и одновременному хранению данных различных ПрО.

В результате, процесс проектирования РБД ИСОУ для различных ПрО превращается в процесс регистрации данных моделируемой ПрО (рис. 2), описанных средствами модели «объект-событие» и модели данных с универсальным базисом отношений, в базовых отношениях заранее инсталлированной схемы БД, инвариантной к предметным областям, в соответствии с рассматриваемым ниже одним из основных методов предлагаемой технологии – методом разработки БД ИСОУ.

Метод разработки БД ИСОУ с инвариантной к предметным областям схемой

Предлагаемый метод как совокупность операций, ориентированных на практическое решение задачи создания отвечающего требованиям потребителей информационного продукта, способного к адаптации в условиях динамических изменений предметных областей при стабильности схемы реляционных БД ИСОУ, основывается на разработанных: модели «объект-событие», модели данных с универсальным базисом отношений, схеме БД, инвариантной к предметным областям, языке модели данных, специальном программном инструментарии разработчика БД. Основные технологические операции данного метода, связываемые с соответствующими этапами создания РБД ИСОУ, представлены на рис. 3 в виде функциональных блоков методологии моделирования IDEF0. Рассмотрим их для каждого этапа более подробно.

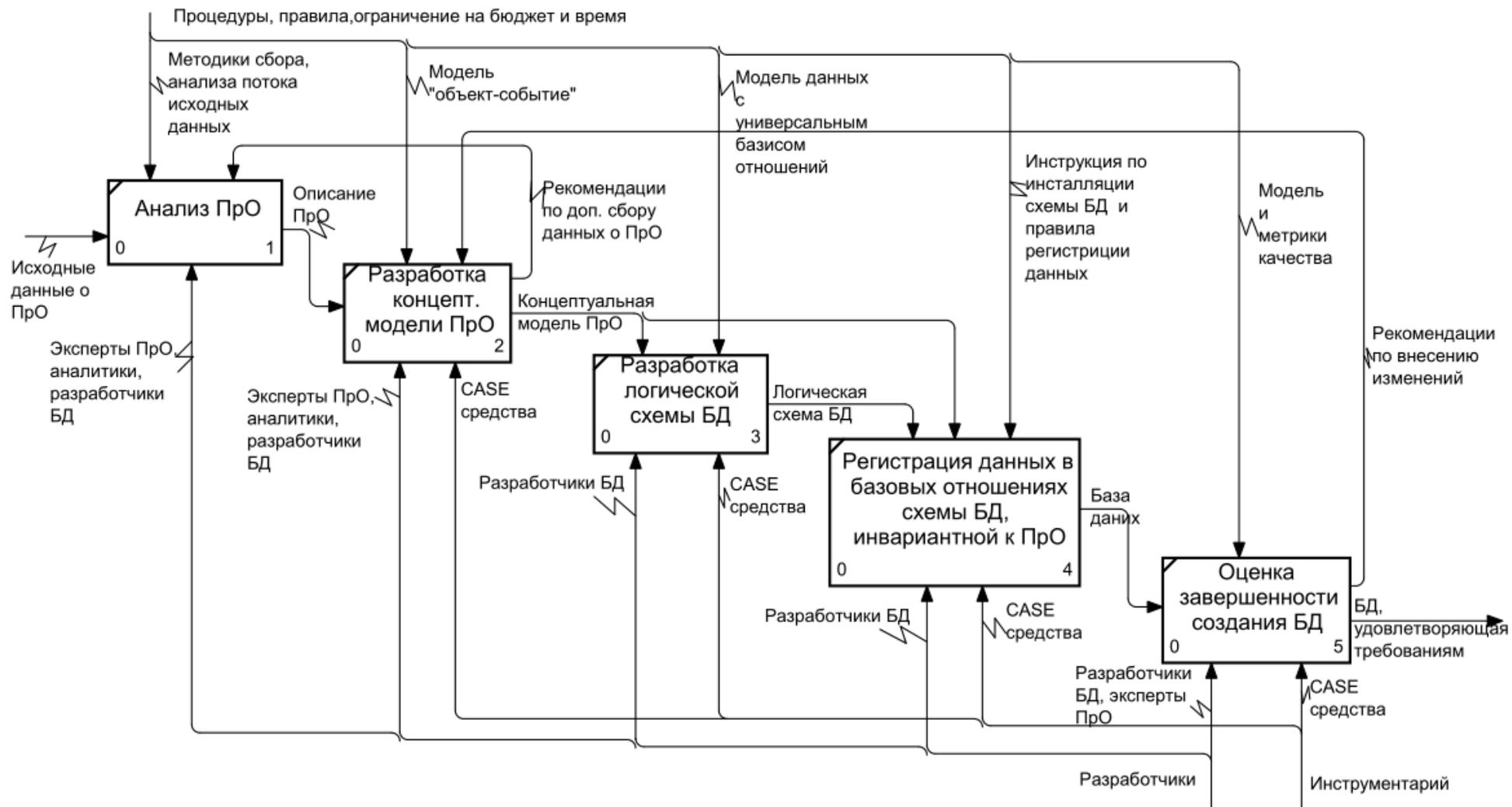


Рис. 3. Представление основных технологических операций метода разработки базы данных в нотации IDEF0

Этап 1. Анализ предметной области.

Данный этап является важным этапом в процессе проектирования БД ИСОУ, поскольку именно на нем формируется большинство проектных решений. Анализ ПрО состоит из анализа данных и анализа задач, сведения о которых могут быть получены путем изучения документации, проведения собеседований, наблюдения за работой предприятия, проведения исследований, проведения анкетирования и другими способами. Собранные сведения фиксируются (формулируются) в виде описания ПрО и определенных ограничений, отражающих основные требования пользователей, на естественном языке. К ключевым результатам данного этапа также относятся: описание правил организации контроля и защиты данных, их резервного копирования и восстановления, первичный вариант стратегии внедрения, предварительная оценка объема создаваемой БД и некоторые другие.

Этап 2. Разработка концептуальной модели ПрО.

Как известно [22, 23, 48, 51, 52], этап разработки концептуальной модели ПрО заключается в построении описания предметной области в терминах языка концептуального моделирования. В предлагаемом методе – это представление данных моделируемой ПрО, полученных на предыдущем этапе, в соответствии с нотациями средств концептуального моделирования, изложенными в [41, 43, 49, 50].

Для проверки корректности концептуальной модели рассматриваемой ПрО на данном этапе можно воспользоваться формальными методами анализа, изложенными в [53, 54].

Результатом этого этапа есть концептуальная модель (схема) ПрО, представленная выразительными средствами модели «объект-событие», в том числе в виде формализованного описания на ЯМД. При этом строки метаописания, составленные в соответствии с синтаксисом ЯМД, представляют собой также определенного рода документацию, облегчающую совместную и индивидуальную работу аналитиков, экспертов ПрО, разработчиков БД, прикладных программистов и конечных пользователей.

Этап 3. Разработка логической схемы БД.

За этапом концептуального моделирования следует этап преобразования (трансформации) описания ПрО в описание базы данных – этап логического проектирования – разработки логической схемы БД. В соответствии с разработанной концептуальной моделью ПрО, и механизмом ее преобразования, изложенным в [55], создается логическая схема РБД. По сути, разработка логической схемы РБД ИСОУ есть последовательное отображение элементов множеств формальных объектов, соотносимых с базовыми понятиями модели «объект-событие», в значения соответствующих им атрибутов отношений модели данных с универсальным базисом отношений и формирование ограничений целостности. Создаваемое таким образом представление данных ПрО в модели данных с универсальным базисом отношений оказывается полезным и в дальнейшем – при эксплуатации, сопровождении и развитии уже сформированной БД ИСОУ, являясь важной документацией.

Этап 4. Регистрация данных в базовых отношениях схемы БД, инвариантной к ПрО.

Данный этап соответствует этапу разработки физической схемы БД ИСОУ в традиционной технологии создания РБД. Однако, в отличие от традиционной технологии, в предлагаемом методе не предполагается создание новых объектов схемы БД ИСОУ или их модернизация при динамических изменениях предметных областей. Процесс разработки заключается в инсталляции (одноразово, в соответствии с подготовленной инструкцией – шаблоном команд) инвариантной к предметным областям схемы БД [46] с последующей процедурой непосредственной регистрации в ее соответствующих базовых отношениях сначала метаданных, а затем данных из разработанных на предыдущих этапах концептуальной модели и логической схемы ПрО. При расширении набора объектов, событий, характеристик объектов,

событий, параметров объектов моделируемой ПрО в БД не создаются новые базовые отношения, атрибуты, ключи или иные объекты схемы, а просто добавляется новая запись в одно из существующих базовых отношений инсталлированной схемы БД. Это дает возможность при реинжиниринге БД ИСОУ, построенных на основе такой схемы, упростить процесс их адаптации к динамичным изменениям предметных областей.

Процедура регистрации метаданных и данных моделируемой ПрО может осуществляться как с помощью разработанного программного инструментария проектировщика БД, так и с помощью программных приложений, созданных специально для потребителя информационного продукта. При этом следует отметить, что и в одном, и в другом программном инструментарии для обращения к БД, построенной на основе схемы, инвариантной к ПрО, при занесении, модификации метаданных и данных ПрО можно применять не только операторы языка SQL, но и строки метаописания ЯМД.

В состав подготовленного на сегодняшний день программного инструментария разработчика БД, построенной на основе схемы, инвариантной к ПрО, входят программы: оперативного удаления данных; регистрации данных; просмотра соответствия занесенных в БД данных создаваемой концептуальной схеме ПрО (с возможностью автоматического сохранения во внешней памяти в виде специальной нотации графа модели «объект-событие» интенционала и экстенционала моделируемой ПрО); определения (задания) прав доступа к данным вплоть до конкретного элемента и некоторые другие.

Этап 5. Оценка завершенности создания БД.

Решение о завершении процесса создания РБД принимается на основе сравнительного анализа значений атрибутов качества базы данных, полученных с использованием метрик модели качества:

$$Q_{DB} = \{H_i^{DB}, S_{ij}^{DB}, M_{jk}^{DB(i)}, At_{jl}^{DB(i)}\}, \quad (1)$$

где H_i^{DB} – i -я характеристика качества БД ($i=1, \dots, I$); S_{ij}^{DB} – j -я подхарактеристика ($j=1, \dots, J$) i -й характеристики качества; $M_{jk}^{DB(i)}$ – k -я метрика ($k=1, \dots, K$) j -й подхарактеристики i -й характеристики качества; $At_{jl}^{DB(i)}$ – l -й атрибут ($l=1, \dots, L$); j -й подхарактеристики i -й характеристики качества – переменная, которой присваивается значение в результате измерения (применения метрики), $At_{jl}^{DB(i)} \in Z$; $Z = (z_1, \dots, z_\Theta)$, например для соответствующих H_i^{DB} , S_{ij}^{DB} атрибутами качества являются: оперативность устранения некорректных данных в БД, адаптация объектов схемы БД, непрерывность использования данных БД, среднее время отклика на запрос, среднее время, затрачиваемое на модификацию, и другие [56], и требования, предъявляемые к этим атрибутам со стороны потребителя информационного продукта. В случае неудовлетворительных значений атрибутов качества БД формулируется набор рекомендаций по внесению соответствующих изменений, и этапы 2 – 5 повторяются. При этом следует отметить, что итерационный характер носит не разработка схем (логической и физической) базы данных, как соответствующих процессов в традиционной технологии проектирования РБД с надлежащей оценкой достижимости значений атрибутов качества БД модели (1) требованиям потребителя информационного продукта, а обычный процесс записи данных в predetermined набор базовых отношений схемы БД с универсальным базисом отношений с последующим визуальным контролем модифицированных данных, реализованным с помощью специального разработанного программного инструментария.

Это позволяет существенно экономить временной и финансовый ресурсы, выделяемые на реинжиниринг БД ИСОУ.

Данный метод был апробирован на нескольких РБД ИСОУ для различных ПрО.

Выводы

1) Показана актуальность проблемы, заключающейся в разрешении противоречия между необходимостью адаптации структуры БД ИСОУ к условиям динамичных изменений предметных областей и требованием стабильности структуры создаваемой БД при обеспечении заданных значений ее показателей качества при ограниченности выделяемых временных и финансовых ресурсов.

2) Приведены принципиальные отличительные особенности предлагаемой ИТ, обеспечивающей механизм адаптируемости БД ИСОУ к изменениям условий функционирования, от традиционной технологии проектирования реляционных баз данных.

3) Разработан один из основных методов предлагаемой информационной технологии, позволяющий:

- создавать в процессе реинжиниринга отвечающие требованиям потребителей информационного продукта базы данных ИСОУ для различных моделируемых ПрО при меньших (в сравнении с традиционным подходом) временных и финансовых ресурсах;

- адаптировать РБД ИСОУ, построенные на основе схемы БД с универсальным базисом отношений, к динамичным изменениям предметных областей, без изменения схемы БД, за счет использования созданной предопределенной структуры базовых отношений;

- автоматически в процессе моделирования ПрО создавать достаточно подробную и понятную специалистам различного профиля и квалификации документацию о различных уровнях представления данных разрабатываемой БД, которая будет полезна не только при проектировании конкретной БД, но и в дальнейшем, при ее эксплуатации, сопровождении и модернизации.

Список литературы:

1. Bergey J. A reengineering process framework / John Bergey, William Hefley, Walter Lamia, Dennis Smith // Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, 1999. – 12 p.
2. Chaos Manifesto 2013: Think Big, Act Small online version. The Standish Group [Electronic resource]. – Access mode : <https://www.immagic.com/eLibrary/ARCHIVES/GENERAL/GENREF/S130301C.pdf>, last accessed 2018/07/28.
3. Standish Group 2015 Chaos Report – Q&A with Jennifer Lynch [Electronic resource]. – Access mode : <https://www.infoq.com/articles/standish-chaos-2015>, last accessed 2018/07/28.
4. Connolly T. M. Database systems: a practical approach to design, implementation, and management. Sixth edition / Thomas M. Connolly, Carolyn E. Begg. – Harlow, Essex, England : Pearson Education Limited, 2015. – 1329 p.
5. Варламов О. О. Эволюционные базы данных и знаний для адаптивного синтеза интеллектуальных систем. Миварное информационное пространство. – Москва : Радио и связь, 2002. – 282 с.
6. Гринев М. Н. Управление данными: достижения и проблемы / М. Н. Гринев, С. Д. Кузнецов // Всероссийский конкурсный отбор обзорно-аналитических статей по приоритетному направлению "Информационно-телекоммуникационные системы", 2008. – 48 с.
7. Костенко Б. Б. История и актуальные проблемы темпоральных баз данных / Б. Б. Костенко, С. Д. Кузнецов // Труды Института системного программирования РАН. – Москва : ИСП РАН, 2007. – Т. 13, № 2. – С. 77-114.
8. Филатов В. А. Методы и средства проектирования информационных систем и распределенных баз данных / В. А. Филатов, Р. В. Семенец // Вестник Херсонского нац. техн. ун-та – 2007. – № 4(27). – С. 203-207.
9. Глобальні інформаційні системи та технології (моделі ефективного аналізу, опрацювання та захисту даних) / [Пасічник В. В., Жежнич П. І., Кравець Р. Б., Пелешин А. М. та інші.]. – Львів : Вид-во Нац. ун-ту «Львівська політехніка», 2006. – 350 с.
10. Шаховська Н. Б. Сховища та простори даних / Н. Б. Шаховська, В. В. Пасічник. – Львів: Вид-во Нац. ун-ту «Львівська політехніка», 2009. – 244 с.
11. Bergey J. A reengineering process framework / John Bergey, William Hefley, Walter Lamia, Dennis Smith // Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, 1999. – 12 p.
12. Brodie M. L. Legacy information systems migration: gateways, interfaces, and the incremental approach / M. L. Brodie, M. Stonebraker. – Morgan Kaufmann Publishers Inc., 1995. – 210 p.

13. Comella-Dorda S. A survey of legacy system modernization approaches / S. Comella-Dorda, K. Wallnau, R. C. Seacord, J. Robert // Software Engineering Institute (Technical Note CMU/SEI-200-TN-003), Pittsburgh, 2000. – 30 p.
14. Database Research: Achievements and Opportunities into the 21st Century / [A. Silberschatz, M. R. Stonebraker, J. Ullman and other] // SIGMOD Record. – 1996. – № 25(1). – P. 52-63.
15. Lenzerini M. Data integration: A theoretical perspective // Proceedings of the ACM SIGMOD-SIGACT-SIGART Symposium on Principles of Database Systems (PODS 2002). – 2002. – P. 233-246.
16. Lehman M. M. Laws of software evolution revisited // Proc. of European Workshop on Software Process Technology, 1996. – P. 108-124.
17. The Asilomar Report on Database Research / [P. A. Bernstein, M. L. Brodie, S. Ceri and other] // ACM SIGMOD Record. – 1998. – № 27(4). – P. 74-80.
18. The Claremont Report on Database Research [Electronic resource] / [R. Agrawal, A. Ailamaki, P. A. Bernstein and other]. – Access mode : <http://db.cs.berkeley.edu/claremont/claremontreport08.pdf>, last accessed 2018/07/28.
19. The Global Information Technology Report 2014. Rewards and Risks of Big Data // Insight Report World Economic Forum, 2014. – 369 p.
20. The Global Information Technology Report 2015. ICTs for Inclusive Growth // Insight Report World Economic Forum, 2015. – 381 p.
21. Зиндер Е. З. Проектирование баз данных: новые требования, новые подходы // СУБД. – 1996. – № 3. – С. 10-22.
22. Цикритзис Д. Модели данных / Д. Цикритзис, Ф. Лоховски ; пер. с англ. – Москва : Финансы и статистика, 1985. – 344 с.
23. Пасічник В. В. Організація баз даних та знань / В. В. Пасічник, В. А. Резніченко. – К. : Вид. група BHV, 2006. – 384 с.
24. Abrial J. R. Data semantics // Data Base Management, Klimbie J. W. and Koffeman K. L., eds., North-Holland, Amsterdam. – 1974. – P. 1-59.
25. Chen P. P. S. The entity-relationship model – toward a unified view of data // ACM Transactions on Database Systems (TODS). – 1976. – Vol. 1. – № 1. – P. 9-36.
26. Langefors B. Infological model and information user views // Information Systems. – 1980. – № 5. – P.17-32.
27. Roussopoulos N. Using semantic networks for data base management / N. Roussopoulos, J. Mylopoulos // Proceedings of the 1st International Conference on Very Large Data Bases. – ACM. – 1975. – P. 144-172.
28. Thalheim B. Entity-relationship modeling: foundations of database technology // Springer-Verlag Berlin Heidelberg. – 2000. – 639 p.
29. Кодд Е. Ф. Расширение реляционной модели для лучшего отражения семантики. Пер. с англ. М. Р. Коголовский // СУБД. – 1996. – № 5.
30. Модель "сущность-связь" в задачах представления объектно-реляционных свойств предметной области / [В. А. Филатов, Е. Б. Чапланова, С. С. Тянянский, А. И. Сизов] // Управляющие системы и машины: информационные технологии. – 2011. – № 3. – С. 73-78.
31. Gruber T. R. Toward principles for the design of ontologies used for know ledge sharing // International journal of human-computer studies. – 1995. – Vol. 43. – № 5. – P. 907-928.
32. Guarino N. Formal Ontology and Information Systems // Formal Ontology in Information Systems. Proceedings of FOIS'98, 6–8 June 1998, Trento, Italy: – IOS Press, Amsterdam, 1998. – P. 3–15.
33. Палагин А. В. Онтологические методы и средства обработки предметных знаний: монография / А. В. Палагин, С. Л. Крытый, Н. Г. Петренко. – Луганск : изд-во ВНУ им. В. Даля, 2012. – 323 с.
34. Halpin T. Conceptual schema and relational database design (2nd edition). – Sydney, Australia: Prentice-Hall of Australia Pty., Ltd. – 1995. – 500 p.
35. Halpin T. Entity Relationship modeling from an ORM perspective. Part 1. // Journal of Conceptual Modeling – 1999. – Minneapolis USA. – P. 1-10.
36. Nijssen G. M. Conceptual Schema and Relational Database Design: a fact oriented approach / G. M. Nijssen, T. A. Halpin. – Prentice-Hall, Inc., 1989. – 342 p.
37. Object-Oriented Database System Manifesto / [Atkinson M., Bancil-hon F., DeWitt D. and other] // Proc. 1st Int. Conf. Deductive and Object-Oriented Databases, Kyoto, Japan, 1989. – P. 40-57.
38. Teorey T. J. Database modeling and design: logical design / T. J. Teorey, S. S. Lightstone, T. Nadeau. – Elsevier, 2006. – 282 p.
39. The object data standard: ODMG 3.0. Edited by R.G.G. Cattell, Douglas K. Barry. Morgan Kauffmann Publishers, 2000. – 280 p.
40. Есин В. И. Семантическая модель данных «объект-событие» // Вісник Харк. нац. ун-ту імені В. Н. Каразіна. Сер.: Математичне моделювання. Інформаційні технології. Автоматизовані системи управління. – 2010. – № 925. – С. 65-73.
41. Security and noise immunity of telecommunication systems: new solutions to the codes and signals design problem. Collective monograph. – Minden, Nevada, USA : ASC Academic Publishing. – 2017. – 198 p. (Yesin V. I., Yesina M. V. Chapter 8, Means for conceptual modeling of information system databases, P. 160-196).

42. Есин В. И. Модель данных «объект-событие»: требования и синтез модели // Computer science and cyber security – International electronic scientific journal. – 2017. – Issue. 3 (7). – P. 33-44, <https://periodicals.karazin.ua/cscs/article/view/10003>, last accessed 2018/07/28.
43. Есин В. И. Выразительные средства модели данных «объект-событие» // Радиотехника. – 2017. – Вып. 191. – С. 99-112.
44. Есин В. И. Универсальная модель данных и ее математические основы // Системи обробки інформації. – 2011. – № 2(92). – С.21-24.
45. Есин В. И. Модель данных с универсальной фиксированной структурой // Теоретичні та прикладні аспекти побудови програмних систем : матеріали міжнар. наук. конф., м. Київ, 15-17 грудня 2014 р. – Кіровоград : ФО-П Александрова М. В., 2014. – С. 112-116.
46. Есин В. И. Инвариантная к предметным областям схема базы данных и ее отличительные особенности // Радиотехника. – 2018. – Вып. 193. – С. 133-142.
47. Technology for Developing Databases of Information Systems / [V. M. Grachev, V. I. Esin, N. G. Polukhina, S. G. Rassomahin] // Bulletin of the Lebedev Physics Institute. – New York, USA : Allerton Press, Inc. – 2014. – Vol. 41. – № 5. – P. 119-122.
48. Date C. J. An Introduction to Database Systems, 8th Edition. – Pearson. Addison-Wesley, 2004. – XXVII, 983, I-22 p.
49. Есин В. И. Язык для универсальной модели данных / В. И. Есин, М. В. Есина // Системи обробки інформації. – 2011. – № 5(95). – С. 193-197.
50. Есин В. И. Язык описания и манипулирования данными, хранящимися в БД с УМД / В. И. Есин, М. В. Есина // Компьютерное моделирование в наукоемких технологиях (КМНТ-2010) : междунар. науч.-техн. конф., 18-21 мая 2010 г. : тезисы докл. – Харьков : Харьк. нац. ун-т им. В. Н. Каразина, 2010. – Ч. 2. – С. 104-108.
51. Когаловский М. Р. Концептуальное моделирование в технологиях баз данных и онтологические модели / М. Р. Когаловский, Л. А. Калиниченко // Труды Симпозиума «Онтологическое моделирование». – Москва : ИПИ РАН, 2008, С. 114-148.
52. Цаленко М. Ш. Моделирование семантики в базах данных. – Москва : Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1989. – 288 с.
53. Жолткевич Г. Н. К проблеме формализации концептуального моделирования информационных систем / Г. Н. Жолткевич, Т. В. Семенова // Вісник Харк. нац. ун-ту імені В. Н. Каразіна. Сер.: Математичне моделювання. Інформаційні технології. Автоматизовані системи управління. – 2003. – № 605. – С. 33-42.
54. Жолткевич Г. Н. Представление полусхем предметных областей информационных систем средствами реляционных баз данных / Г. Н. Жолткевич, Т. В. Семёнова, К. А. Федорченко // Вісник Харк. нац. ун-ту імені В. Н. Каразіна. Сер.: Математичне моделювання. Інформаційні технології. Автоматизовані системи управління. – 2004. – № 629, вип. 3. – С. 11-24.
55. Есин В. И. Метод моделирования предметной области с помощью универсальной модели данных // Системи озброєння і військова техніка. – 2011. – № 2(26). – С. 128-131.
56. Yesin V. I. A cybernetic approach to solving the problem of database reengineering // Telecommunications and Radio Engineering. – 2018. Volume 77, Issue 5. – P. 399-409. doi: 10.1615/TelecomRadEng.v77.i5.40.

*Харьковский национальный
университет имени В.Н. Каразина*

Поступила в редколлегию 11.10.2018