

Информационно-логическая модель комплексной автоматизирующей системы сопровождения пищевых производств

М. М. Горохов, доктор физико-математических наук, профессор,
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, Ижевск, Россия
Д. Е. Докучаев, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, Ижевск, Россия

В статье описываются существующие методы семантического моделирования, а именно описаны наиболее популярные и распространенные нотации построения моделей «сущность – связь», их основные особенности. Также представлен вариант семантической модели предметной области. Рассматривается визуализация структуры данных, что позволяет наглядно представить сущности, их отношения и взаимосвязь между ними. Описана информационно-логическая модель в виде описанных взаимосвязанных множеств производственно-технической системы и их проекций, представлен анализ взаимосвязей и зависимостей между множествами, определены атрибуты каждого множества, позволяющие наиболее подробно описать элементы множества, в то же время атрибуты определены таким образом, чтобы избежать избыточности. Представлены множества, описывающие все аспекты функционирования системы, помимо основной ее части, связанной с пищевым производством, включая продукцию, рецептуры производства, оборудование, стандарты производства, технологические операции, но и взаимодействия с системой извне, такие как взаимодействие с поставщиками и покупателями, а также внутренние процессы, связанные с управлением сотрудниками. При проектировании и создании базы данных визуализация и описание используются для оптимизации структуры, то есть для выявления и исключения избыточности данных, а также для соблюдения нормализации структуры согласно нормальным формам. Описываются этапы проектирования моделей начиная от выявления сущностей и определения их атрибутов до определения взаимоотношений этих сущностей и нормализации получившихся данных. Целью данного процесса является предотвращение ошибок при создании структур не только при проектировании, но и при физической реализации структур.

Ключевые слова: семантическое моделирование, структура данных, производственно-техническая система, моделирование, пищевое производство, автоматизация, диаграммы сущность-связь.

Введение

Производственно-техническая система пищевого производства – это комплекс взаимосвязанных технологических, технических и организационных элементов, предназначенных для преобразования сырья в готовую пищевую продукцию с заданными качественными и количественными характеристиками [1].

К основным задачам автоматизирующей системы пищевых производств относится обеспечение безопасности пищевой продукции (контроль соответствия ГОСТ Р 51705.1–2001 «Системы качества. Управление качеством пищевых продуктов на основе принципов ХАССП. Общие требования», ГОСТ Р ИСО 22000–2019 «Системы менеджмента безопасности пищевой продукции. Требования к организациям, участвующим в цепи создания пищевой продукции») [2, 3]. Автоматизирующая система сопровождения пищевых производств должна обеспечивать трассируемость между элементами системы, то есть обеспечивать возможность отслеживать связь между партией изделий, сырьем и поставщиками сырья. Ключевой целью трассируемости является отслеживание происхождения ингредиентов, из которых будет создана конечная продукция. Оптимизация ресурсопотребления системы, а именно сырья, энергоресурсов и трудовых ресурсов системы, является еще одной ключевой задачей автоматизирующей системы [4–9]. Система призвана обеспечивать контроль состояния оборудования, планирование планово-предупредительных работ, контроль наличия необходимых запасных частей для проведения планово-предупредительных работ, а также наличие на складе производства запасных частей, необходимых для предотвращения наиболее часто встречающихся нештатных ситуаций, связанных с выходом из строя ключевого оборудования, используемого для выпуска продукции [10–12].

Анализ результатов предшествующих работ

Структура моделей сущность-связь в нотации Чена является языком взаимодействия для хорошо спроектированных баз данных. Модель сущность-связь представляет

собой методологию проектирования графовых баз данных, которые гарантируют целостность данных, отсутствие избыточности данных и логических ошибок.

Связи в моделях сущность-связь обеспечивают поддержку ссылочной целостности, что исключает дублирование данных и нарушение согласованности. В результате снижается нагрузка на систему и упрощается поддержка функционирования базы данных. ER-диаграммы в нотации Чена используются не только для визуализации базы данных, но и формируют основу проектирования структур баз данных [13].

Системы планирования ресурсов предприятия помогают компаниям поддерживать свои бизнес-процессы в различных отделах в режиме реального времени. ERP развиваются и совершенствуются вместе с новыми технологиями. В этом контексте мы можем выделить 3 основных типа усовершенствований и эволюций в отношении систем ERP: обновления, модернизации и миграции [14].

Методы и материалы исследования

Рассматривается подход к проектированию баз основанный на основании моделей сущность-связь от английского entity-relationship, данный подход предусматривает проектирование баз данных на основании определения сущностей, их атрибутов и связей между сущностями предметной области, данный подход позволяет наглядно представить структуру данных. Впервые данная концепция была предложена Питером Ченом в работе [15]. Процесс проектирования моделей сущность-связь включает в себя несколько этапов. Этап выделения ключевых объектов, называемых сущностями, далее производится описание свойств данных объектов. На следующем этапе проектирования определяются связи между сущностями. При проектировании контролируется избыточность данных, а также соблюдение нормализации данных. Основными этапами проектирования моделей сущность-связь являются:

- определение сущностей;
- определение атрибутов;

- определение связей;
- нормализация.

Для исключения субъективных факторов, имеющих при проектировании и формализации критических моментов проектирования, применяется нормализация данных, которая представляет собой процесс приведения данных к нормальным формам. Нормализация данных при проектировании баз данных, как и сами нормальные формы, разработаны и впервые представлены в работе Эдгара Кодда [16]. Степень нормализации базы данных определяется на этапе проектирования, чтобы выбрать оптимальный уровень нормализации для конкретной предметной области. Процесс нормализации сводится к постепенному переходу данных от первой нормальной формы к последующим.

Существует несколько нотаций представления моделей, но не существует единого стандарта обозначений. Первой предложенной нотацией, как уже говорилось, является нотация Питера Чена. В данной нотации при описании используются следующие обозначения:

- Сущности обозначаются в виде прямоугольников с вписанными в них названиями.
- Атрибуты сущности обозначаются овалами.
- Отношения между сущностями обозначаются ромбами.

Нотация Чена являясь первым и наиболее известным методом семантического моделирования, считается классической нотацией.

Еще одной популярной нотацией при семантическом моделировании является нотация Мартина, в этой нотации сущности также записываются в прямоугольниках, но, в отличие от нотации Чена, атрибуты сущностей не выносятся отдельно в овалы, а перечисляются в тех же прямоугольниках, что и сущности. Отличия имеются и в представлении отношений, они не записываются в ромбах, они записываются текстом над стрелкой. Стрелки

имеют различные варианты концов для обозначения степени отношения [17]. Существует также нотация диаграммы классов UML, эта нотация имеет аналогичное нотации Мартина обозначение сущностей и их атрибутов, связи подписываются на соединяющих сущности линиях. Диаграмма классов чаще используется при объектно-ориентированном проектировании, но может использоваться и при проектировании баз данных, данная диаграмма стандартизована.

В данной статье при моделировании атрибуты сущностей представлены в виде их словестного описания, это сделано для того, чтобы разгрузить визуальную модель и иметь возможность наиболее подробно описать каждый атрибут каждой сущности. На взгляд авторов, такой подход позволяет обеспечить наиболее полное восприятие моделируемой системы. Данные модели используются в качестве основы для построения базы данных, которая в свою очередь лежит в основе создаваемой системы планирования ресурсов предприятия, ориентированной на оптимизацию ресурсов предприятия и учета операций, основная часть операций хранится в базе данных и используется для анализа, обработки, планирования [18].

Результаты и их обсуждение.

Модель производственно-технической системы

После анализа предметной области по [19–20] была разработана информационно-логическая модель производственно-технической системы с целью формального описания структуры данных и их взаимосвязей для пищевого производства, информация о предметной области при помощи модели формализована таким образом, чтобы обеспечить эффективность хранения, обработки и анализа информации о системе. Разработанная модель представлена на рис. 1.

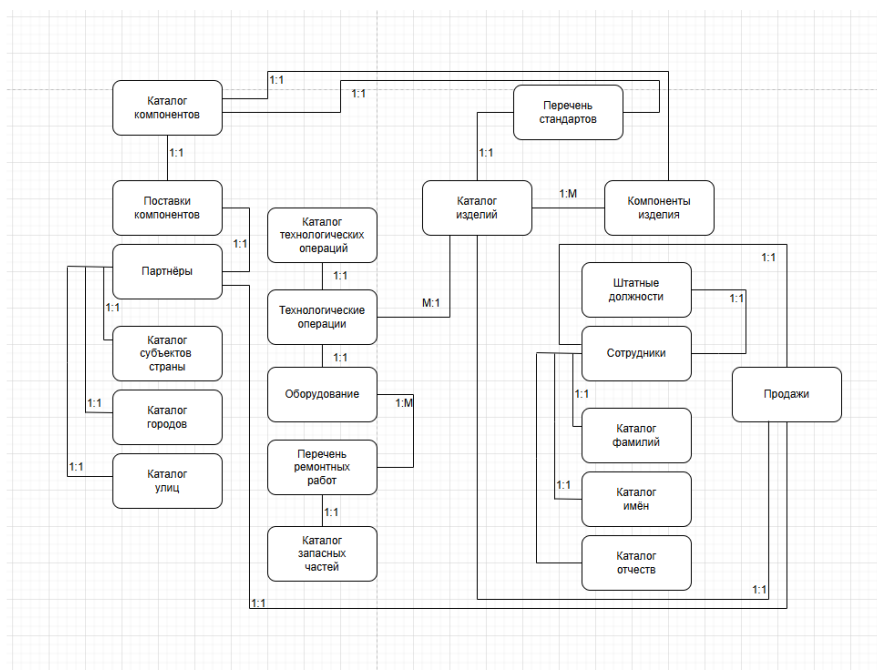


Рис. 1. Информационно-логическая модель

Fig. 1. Information-logical model

Производственно-техническая система представлена в виде совокупности взаимосвязанных отношений:

$tProduct (KeyProduct, NameProduct, UnitOfMeasurment, Standard, CertificateNumber, CertificateStartDate, CertificateEndDate, CertificateImage, BatchProduct),$ (1)

где $tProduct$ – элемент номенклатуры изделий, производимых предприятием, каждое из конечного множества изделий имеет собственное название, определяемое производителем в соответствии с имеющимися государственными стандартами или стандартами организации; $KeyProduct$ – цифровой уникальный идентификатор изделия. $UnitOf-$

Measurment – единица измерения массы изделия; *KeyStandart* – ключ государственного стандарта или технического условия на производство изделия; *CertificateNumber* – номер разрешающего сертификата предприятия для производство данного изделия и сроки начала и окончания действия сертификата *CertificateStartData*, *CertificateEndData* соответственно, атрибут *CertificateImage* используется для хранения скан-копии оригинала сертификата, атрибут *BatchProduct* определяет объем, *WeightProduct* вес, *BatchCostProduct* стоимость партии изделий.

$$tListStandart (KeyStandart, NameStandart, SpecificationStandart), \quad (2)$$

где *ListStandart* – перечень стандартов, использующихся на предприятии (межгосударственные стандарты, технические условия, стандарты организации), для обеспечения уникальности используется *KeyStandart*, для определения названия стандарта применяется *NameStandart*, а для описания стандарта атрибут *SpecificationStandart*.

Изделия производятся из определенного стандартом или техническим условием количества компонент

$$tComponents (KeyComponent, NameComponent, UnitOfMeasurment, KeyStandart), \quad (3)$$

где *tComponents* – компонент, используемый для сборки готового изделия, является проекцией *tProduct* с полем связи *KeyProduct*; *KeyComponent* – уникальный идентификатор компонента; *NameComponent* – наименование компонента; *UnitOfMeasurment* – единица измерения массы компонента; *KeyStandart* – ключ стандарта, определяющий требования технических регламентов, которым должен советовать компонент используемый для производства изделия.

Для формирования готового изделия определим множество *tProductComponents*, являющееся проекцией (1)

$$tProductComponents (KeyProduct, KeyComponent, QuantityComponentInProduct), \quad (4)$$

где *ProductComponents* – компоненты, входящие в состав изделия, атрибут *KeyProduct* – определяет принадлежность компонента к изделию; *KeyComponent* – это уникальный идентификатор компонента, входящего в состав изделия; атрибут *QuantityComponentInProduct* определяет количество компонента в составе изделия.

Далее, для формирования технологических процессов производства изделий определим перечень выполняемых на предприятии технологических операций

$$tOpearitions (KeyOperation, NameOperation, TimeOperation), \quad (5)$$

где *KeyOperation* – цифровой идентификатор технологической операции; *NameOperation* – наименование технологической операции; *TimeOperation* определяет продолжительность технологической операции в секундах.

$$tCatalogOpearitions (KeyOperation, NameOperation, TimeOperation), \quad (6)$$

где *KeyOperation* – цифровой идентификатор технологической операции; *NameOperation* – наименование технологической операции.

Предприятие в соответствии с технологическим процессом укомплектовано производственным оборудованием:

$$tEquipment (KeyEquipment, NameEquipment, Notes), \quad (7)$$

где *KeyEquipment* – идентификатор единицы оборудования; *NameEquipment* определяет наименование оборудования; *Notes* – технические характеристики.

$$tRepairs (KeyRepair, KeyEquipment, KeyRepairPart, DateRepair), \quad (8)$$

где *KeyRepair* – цифровой идентификатор ремонтной операции; *Repairs* – наименование вида ремонта оборудования, узловых замен деталей оборудования, планово-предупредительных работ, так и нештатных ремонтов; *KeyEquipment* – идентификатор оборудования, *KeyRepair-*

Part – уникальный номер использованной при ремонте запасной части, *DateRepair* – дата проведения ремонтных работ.

Для каталога комплектующих оборудования определим множество

$$tRepairPart (KeyRepairPart, RepairPart), \quad (9)$$

где *RepairPart* – наименование комплектующего оборудования.

Для формирования основы системы управления взаимодействием с клиентами предприятия определи следующие множества:

$$tPartner (KeyPartner, NamePartner, DirectorPartner, InnPartner, OgrnPartner, PaymentAccountPartner, BankBranchPartner, CorrespondentAccountPartner, BikPartner, EmailPartner, PhonePartner, RegionPartner, CityPartner, StreetPartner, BuildingPartner, BlockPartner), \quad (10)$$

где *Partner* – партнер предприятия, для уникальной идентификации партнера применяется *KeyPartner*, для определения юридического наименования организации используется атрибут *NamePartner*, сведения о руководителе предприятия определяет *DirectorPartner*, для сведений об организации используются такие атрибуты, как *InnPartner*, *OgrnPartner*, *PaymentAccountPartner*, *BankBranchPartner*, *CorrespondentAccountPartner*, *BikPartner*, они определяют данные о покупателе, а именно идентификационный номер налогоплательщика, основной государственный регистрационный номер, а также банковские реквизиты партнера (расчетный счет, наименование отделения банка, корреспондентский счет, банковский идентификационный код). Контактные данные партнера определяются двумя атрибутами, *EmailPartner* определяет адрес электронной почты, а *PhonePartner* определяет телефонный номер, *RegionPartner* определяет субъект государства в котором зарегистрирована организация-партнер, *CityPartner* – город регистрации, *StreetPartner* – улица регистрации, *BuildingPartner* и *BlockPartner* определяют номер здания регистрации и корпус или номер строения.

$$tSupplyComponents (KeySupply, KeyComponent, KeyPartner, KeyStaff, UnitCostComponent, QuantityComponent, DateSupply), \quad (11)$$

где *SupplyComponents* – поставки компонентов для производства на предприятие. Уникальный идентификатор поставки компонента – *KeySupply*, *KeyComponent* – уникальное значение поставленного компонента, *KeyPartner* – это значение уникального поля определяющего поставщика, уникальный номер сотрудника получившего поставку компонентов *KeyStaff*, цена за единицу компонента определяется атрибутом *UnitCostComponent*, количество поставленного компонента атрибутом *QuantityComponent*, дата осуществления поставки определяется в *DateSupply*.

Учет реализации готовой продукции осуществим на основе множества вида

$$tSales (KeySale, KeyPartner, KeyProduct, QuantityProduct), \quad (12)$$

где *Sales* – продажи готовой продукции, *KeySale* – уникальный идентификатор продажи, атрибут *KeyPartner* – это уникальный номер покупателя, уникальный номер проданного товара определяется *KeyProduct*, а количество проданного товара определяется *QuantityProduct*.

Для обработки данных физических и юридических лиц введем следующие множества *tCatalogName*, *tCatalogSurname*, *tCatalogPatronymic*, *tCatalogRegion*, *TCatalogCity*, *TCatalogStreet* следующим образом:

$$tCatalogName (KeyName, NameCatalog), \quad (13)$$

где *CatalogName* – каталог имен, для уникальной идентификации имени используется *KeyName*, *NameCatalog* – определяет имя;

$tCatalogSurname (KeySurname, SurnameCatalog)$, (14)
где $CatalogSurname$ – каталог фамилий, для уникальной идентификации фамилии используется $KeyName$, $NameCatalog$ – определяет фамилию;

$tCatalogPatronymic (KeyPatronymic, PatronymicCatalog)$, (15)

где $CatalogPatronymic$ – каталог отчеств, для уникальной идентификации отчества используется $KeyPatronymic$, $PatronymicCatalog$ – определяет отчество;

$tCatalogRegion (KeyRegion, NameRegion)$, (16)
где $CatalogRegion$ – каталог регионов страны, в качестве уникального идентификатора региона используется $KeyRegion$, название региона определяется при помощи $NameRegion$;

$TCatalogCity (KeyCity, NameCity)$, (17)
где $CatalogCity$ – каталог населенных пунктов страны, в качестве уникального идентификатора населенного пункта используется $KeyCity$, название населенного пункта определяется при помощи $NameCity$;

$TCatalogStreet (KeyCity, NameCity)$, (18)
где $CatalogStreet$ – каталог населенных пунктов страны, в качестве уникального идентификатора населенного пункта используется $KeyStreet$, название населенного пункта определяется при помощи $NameStreet$.

Управление персоналом будем осуществлять на основе:

$tStaffPosition (KeyStaffPosition, NameStaffPosition, CategoryStaffPosition, MinimumWage, CoefficientWage)$, (19)

где $StaffPosition$ – перечень штатных должностей, имеющих на предприятии, определяющий численность сотрудников на предприятии и их профессии, $KeyStaffPosition$ позволяет определить уникальность каждой должности, наименование каждой должности, согласно общероссийскому классификатору профессий рабочих, должностей служащих и тарифных разрядов, определяется в $NameStaffPosition$, атрибут $CategoryStaffPosition$ используется для установления категории или разряда согласно общероссийскому классификатору профессий рабочих, должностей служащих и тарифных разрядов. Атрибуты $MinimumWage$ и $CoefficientWage$ определяют минимальный размер оплаты в регионе и коэффициент для определения заработной платы сотрудника в зависимости от должности. $tStaff (KeyStaff, SurnameStaff, NameStaff, PatronymicStaff, KeyStaffPosition, InnStaff, SnilsStaff, PassportStaff, MedicalRecordNumberStaff$;

$MedicalExamenationDateStaff, DateEmploymentStaff, DateDismissalStaff)$, (20)

где $Staff$ – сотрудники предприятия, для обеспечения уникальности используется атрибут $KeyStaff$, для определения фамилии, имени, отчества используются $SurnameStaff$, $NameStaff$, $PatronymicStaff$ соответственно, $KeyStaffPosition$ определяет уникальную должность из $StaffPosition$. Для описания данных документов сотрудников применяются атрибуты: $InnStaff$ для идентификационного номера налогоплательщика, $SnilsStaff$ для страхового номера индивидуального лицевого счета, для номера паспорта сотрудника используется $PassportStaff$, номер медицинской книжки сотрудника определяется $MedicalRecordNumberStaff$, для даты очередного медицинского осмотра используется $MedicalExamenationDateStaff$, атрибуты $DateEmploymentStaff$, $DateDismissalStaff$ определяют дату приема на работу и дату увольнения сотрудника.

Процессы производственного предприятия

Процессы предприятия представлены в соответствии с порядком их протекания на предприятии в рамках выпуска партии изделий. Группа процессов, связанных с управлением складом и снабжением предприятия необходимыми ингредиентами, включает в себя следующие процессы:

1. Управление закупками. Данный процесс включает в себя наполнение каталога компонентов при помощи: фор-

мирования заявок, выбора поставщиков, оформления документов. Входными данными для этого процесса будут являться: данные о расходе, остаток ингредиентов для производства, план производства. Выходными данными будет формирование заявки поставщику и оформление документов на поставку.

2. Контроль качества входящего сырья. В этом процессе происходит: приемка поставки от поставщика, сверка с поставки с заявкой, входной контроль. Входами данного процесса будет приём сырья от поставщика включая контроль качества и проверка соответствия количества фактически поставленных на производство ингредиентов с оформленной заявкой. Выходы: принятое сырье, подписанные документы о приеме.

3. Учет складского хранения и передача для производства. Процесс включает в себя размещение поставленных компонентов на складе, контроль наполненности склада, учет мест хранения, а также передача сырья на производство. Входами данного процесса являются: поступающее сырье и учет количества, требуемого для производства. Выходами данного процесса выступают отчеты об остатках на складе и перемещение сырья в цех для выпуска продукции.

Процессы, связанные с планированием и выпуском продукции на предприятии, включают в себя:

1. Планирование производства, основанное на данных о продажах. Процесс направлен на формирование производственного плана опираясь на данные о продажах. Входами для данного процесса являются: прогнозы продаж, заказы от магазинов. Выходом данного процесса является производственный план.

2. Производство продукции и контроль качества. Включает в себя непосредственно выпуск готовой продукции и проверку соответствия продукции стандартам качества. Входами для данного процесса являются ингредиенты, имеющиеся на складе, ресурсы, технологические процессы. На выходе данного процесса получается готовая продукция, данные о количестве произведенной продукции и ее соответствии стандартам качества, таблицы отработанного времени.

Далее готовая продукция перемещается на склад готовой продукции, где обеспечивается ее хранение в нормативных условиях до момента передачи на доставку получателю. Данная группа процессов включает в себя хранение готовой продукции и доставку ее до потребителя.

1. Процесс размещения продукции на складе готовой продукции, отгрузка готовой продукции. Входом данного процесса являются готовые изделия, выпущенные на производстве и соответствующие стандартам качества. Выходами данного процесса являются: отгруженная продукция.

2. Следующим процессом является процесс доставки продукции до получателей. При данном процессе выполняются следующие действия: планирование маршрутов, доставка в соответствии с маршрутными листами. Входами являются товарные накладные и маршруты доставки. Выходами являются товарно-транспортная накладная и доставка продукции до покупателя.

3. Еще одним процессом является процесс, связанный с продажами и взаиморасчетами. В данном процессе происходит взаимодействие с точками розничной продажи: прием заявок, контроль финансовых задолженностей. Входами для данного процесса являются: заявки точек розничной продажи, данные об отгрузках продукции. Выходом: получение денежных средств за продукцию.

Сопутствующими являются процессы, связанные с управлением персоналом, техническое обслуживание и ремонт оборудования, а также связанные с финансовой деятельностью.

1. Процесс технического обслуживания и ремонта оборудования на предприятии связан с плановым обслуживани-

ем и устранением неисправностей оборудования, возникшим во время осуществления деятельности. Оборудование может быть как для производства, так и для доставки продукции. Входами для данного процесса являются графики технического обслуживания и заявки на ремонт. Выходом является отчет о проведенном ремонте или обслуживании.

2. Процесс управления персоналом включает в себя операции, связанные с устройством на работу, учетом отработанного времени и расчетом заработной платы. Входами данного процесса являются таблицы рабочего времени. Выходами являются расчетные ведомости.

Заключение

В работе предложена информационно-логическая модель сопровождения пищевых производств, структурирующая информацию о системе и приставляющая ее в виде взаимосвязанных отношений между множествами. В пищевой промышленности крайне важно отслеживать путь каждой партии сырья от поставщика до готового продукта. Логическая модель, основанная на взаимосвязанных множествах, позволяет заложить фундамент для точного учета сроков годности, сертификатов качества и условий хранения. Таким образом реализована система контроля продукции на всех этапах производства. Структурирование информации позволяет провести нормализацию данных. Это исключает дублирование и обеспечивает целостность информации – например, при изменении рецептуры данные обновятся во всех связанных процессах автоматически. Таким образом достигается отсутствие избыточности данных. Данная модель становится основой для разработки надежной системы планирования ресурсов предприятия. Правильно выстроенные отношения между множествами позволяют в будущем легко добавлять новые модули (например, модуль логистики или контроля оборудования) без переработки всей структуры базы данных, что позволяет масштабировать ее без потери качества на предприятия различного уровня. Следует отметить, что представленная модель данных может быть использована на предприятиях с различной специализацией.

Библиографические ссылки

1. Псигин Ю. В. Управление производственными системами: учебно-методическое пособие. Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2023. 156 с. ISBN 978-5-9729-1336-7
2. Современные методы диагностики продовольственной безопасности государства / Н. В. Кушнир, А. В. Кушнир, Д. А. Романов, О. А. Медянская // Научные труды КубГТУ : электронный сетевой политематический журнал. 2016. № 2. С. 159–176.
3. Нигма А. Моральное устаревание ГОСТов и проблемы в хозяйственных отношениях. Оценка соответствия // Контроль качества продукции. 2021. № 2. С. 36–37.
4. Никитина М. А., Сусь Е. Б. Информационные технологии в пищевой промышленности // Хранение и переработка сельхозсырья. 2015. № 6. С. 9–12.
5. Быковская Г. В. Информационные технологии в пищевой промышленности // Молочная промышленность. 2010. № 4. С. 40–41.
6. Забродин А. Н. Перспективы развития экономического потенциала организации на основе оптимизации управления экономическими ресурсами // Экономика и управление: проблемы, тенденции, перспективы развития : сборник материалов IV международной научно-практической конференции. 2016. С. 71–74.
7. Лукьянова М. Т. Экономическая оценка финансовых ресурсов организации // Проблемы научной мысли. 2022. Т. 2, № 8. С. 7–9.
8. Кравченко Е. Н., Залилова З. А. Перспективы стоящие перед малыми формами хозяйствования // Интеграция молодежной науки и практики для развития АПК. Министрство сельского хозяйства Российской Федерации;

ФГБОУ ВО Башкирский государственный аграрный университет. Уфа, 2019. С. 64–66.

9. Совершенствование методического обеспечения контроля наличия и сохранности запасов в системе управления предприятием / Г. С. Клычова, А. Р. Закирова, З. А. Залилова, И. М. Гимадиев // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2021. Т. 16. № 2 (62). С. 107–115.

10. Янченко Е. В. Цифровизация на производстве продуктов питания // Контроль качества продукции. 2023. № 8. С. 13–18.

11. Продовольственная безопасность России: новые вызовы и пути достижения / Н. А. Киреева, О. В. Прущак, К. А. Грандонян, М. Г. Миронов // Инновационная деятельность. 2022, № 2 (61). С. 15–26.

12. Гербер Ю. Б., Балко С. В., Якушев А. А. Цифровой формат развития пищевой промышленности в современных экономических условиях // Экономика, предпринимательство и право. 2022. Т. 12, № 5. С. 1613–1624.

13. Philipp Skavantzios, Sebastian Link. Entity/Relationship Graphs: Principled Design, Modeling, and Data Integrity Management of Graph Databases // Proceedings of the ACM on Management of Data, Volume 3, Issue 1 Article No.: 40, Pages 1 – 26.

14. SergiBatalla Martinez, Herbert Kohlbacher, ERP life-cycle main indicators and guidelines to determine a change of ERP provider. // ICCTA '22: Proceedings of the 2022 8th International Conference on Computer Technology Applications Pages 2022, с. 230–235.

15. Chen, P. P-S. The Entity-Relationship Model – Toward a Unified View of Data. // ACM Transactions on Database Systems. 1976. 1(1), 9–36.

16. Codd E. F. Further Normalization of the Data Base Relational Model // Data Base Systems, Courant Computer Science Symposia Series 6, 1972.

17. Martin, J. Strategic data-planning methodologies // Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall, 1982.

18. Meiryani, Erick Fernando, SetianiPutriHendratno, Kriswanto, SeptiWifasari. Enterprise Resource Planning Systems: The Business Backbone // ICEEG '21: Proceedings of the 5th International Conference on E-Commerce, E-Business and E-Government Pages, 2021 с.43–48

19. Благodatский Г. А., Горюхов М. М., Докучаев Д. Е. Разработка UML-модели классов для предприятий пищевой промышленности по технологии OMGRUP // Вестник ИжГТУ имени М. Т. Калашникова. 2017. №4. С. 86–90.

20. Благodatский Г. А., Докучаев Д. Е. Разработка модели прецедентов предприятий пищевой промышленности // Вестник ИжГТУ имени М.Т. Калашникова. 2017. № 2. С. 153–165.

References

1. Psigin Yu.V. *Upravlenie proizvodstvennymi sistemami: uchebno-metodicheskoe posobie* [Management of Production Systems: a teaching and methodological guide]. Moscow, Vollogda : Infra-Engineering, 2023 (in Russ.). 156 p. ISBN 978-5-9729-1336-7.
2. Kushnir N.V., Kushnir A.V., Romanov D.A., Medyanskaya O.A. [Modern methods for diagnosing the food security of the state]. Nauchnye trudy KUBGTU : elektronnyy setevoy politematicheskij zhurnal. 2016. No. 2. Pp. 159–176 (in Russ.).
3. Nigma A. [Moral obsolescence of GOST standards and problems in economic relations. Conformity assessment]. *Kontrol kachestva produktsii*. 2021. No. 2. Pp. 36–37 (in Russ.).
4. Nikitina M.A., Sus E.B. [Information technologies in the food industry]. *Khranenie i pererabotka selkhozsyrya*. 2015. No. 6. Pp. 9–12 (in Russ.).

5. Bykovskaya G.V. [Information technologies in the food industry]. *Molochnaya promyshlennost*. 2010. No. 4. Pp. 40-41 (in Russ.).
6. Zabrodin A.N. *Perspektivy razvitiya ekonomicheskogo potentsiala organizatsii na osnove optimizatsii upravleniya ekonomicheskimi resursami* [Prospects for the development of the organization's economic potential based on optimization of economic resource management]. *Ekonomika i upravlenie: problemy, tendentsii, perspektivy razvitiya : sbornik materialov IV mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Economics and management: problems, trends, development prospects : collection of materials of the IV international scientific and practical conference]. Moscow: Nauchnyy tsentr, 2016. Pp. 71-74 (in Russ.).
7. Lukyanova M.T. [Economic assessment of the organization's financial resources]. *Problemy nauchnoy mysli*. 2022. Vol. 2, no. 8. Pp. 7-9 (in Russ.).
8. Kravchenko E. N., Zalilova Z. A. *Perspektivy stoyashchie pered malymi formami khozyaystvovaniya* [Prospects facing small forms of farming]. *Integratsiya molodezhnoy nauki i praktiki dlya razvitiya APK* [Integration of youth science and practice for the development of the agro-industrial complex]. Ufa: Bashkirskiy GAU, 2019. Pp. 64-66 (in Russ.).
9. Klychova G.S., Zakirova A.R., Zalilova Z.A., Gimadiev I.M. [Improvement of methodological support for control of availability and safety of inventories in the enterprise management system]. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of Kazan State Agrarian University]. 2021. Vol. 16, No. 2 (62). Pp. 107-115 (in Russ.).
10. Yanchenko E.V. [Digitalization in food production]. *Kontrol kachestva produktsii*. 2023. No. 8. Pp. 13-18 (in Russ.).
11. Kireeva N.A., Prushchak O.V., Grandonyan K.A., Mironov M.G. [Food security of Russia: new challenges and ways to achieve]. *Innovatsionnaya deyatel'nost*. 2022. No. 2 (61). Pp. 15-26 (in Russ.).
12. Gerber Yu.B., Balko S.V., Yakushev A.A. [Digital format of food industry development in modern economic conditions]. *Ekonomika, predprinimatel'stvo i pravo*. 2022. Vol. 12, no. 5. Pp. 1613-1624 (in Russ.).
13. Philipp Skavantzios, Sebastian Link. Entity/Relationship Graphs: Principled Design, Modeling, and Data Integrity Management of Graph Databases // *Proceedings of the ACM on Management of Data*, Volume 3, Issue 1 Article No.: 40, Pages 1-26.
14. SergiBatalla Martinez, Herbert Kohlbacher, ERP life-cycle main indicators and guidelines to determine a change of ERP provider. // ICCTA '22: Proceedings of the 2022 8th International Conference on Computer Technology Applications Pages 2022, p. 230-235.
15. Chen, P. P-S. The Entity-Relationship Model – Toward a Unified View of Data. // *ACM Transactions on Database Systems*. 1976. 1(1), 9–36.
16. Codd E. F. Further Normalization of the Data Base Relational Model // *Data Base Systems*, Courant Computer Science Symposia Series 6, 1972.
17. Martin, J. Strategic data-planning methodologies // Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall, 1982.
18. Meiryani, Erick Fernando, SetianiPutriHendratno, Kriswanto, SeptiWifasari. Enterprise Resource Planning Systems: The Business Backbone // ICEEG '21: Proceedings of the 5th International Conference on E-Commerce, E-Business and E-Government Pages, 2021 p.43-48.
19. Blagodatskiy G.A., Gorokhov M.M., Dokuchaev D.E. [Development of a UML class model for food industry enterprises using OMGRUP technology]. *Vestnik IzhGTU imeni M.T. Kalashnikova*. 2017. No. 4. Pp. 86-90 (in Russ.).
20. Blagodatskiy G.A., Dokuchaev D.E. [Development of a use case model for food industry enterprises]. *Vestnik IzhGTU imeni M.T. Kalashnikova*. 2017. No. 2. Pp. 153-165 (in Russ.).

* * *

Information-logical Model of Integrated Automating Tracking System for Food Production

M. M. Gorokhov, DSc in Physics and Mathematics, Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University, Izhevsk, Russia
D. E. Dokuchaev, Senior Lecturer Kalashnikov Izhevsk State Technical University, Izhevsk, Russia

The article describes the existing methods of semantic modeling, namely, the most popular and widespread notations for entity-relationship model development and their main features are described. And a version of the semantic model of the subject area is presented. The visualization of the data structure is considered, which allows to represent entities clearly, their relationships and the relationship between them. An information-logical model is presented in the form of described interconnected sets of the production and technical system and their projections, a description of the relationships and dependencies between the sets is presented, the attributes of each set are defined, allowing the most detailed description of the set elements, at the same time the attributes are defined so as to avoid redundancy. Sets describing all aspects of the system functioning, in addition to the main part of the system related to food production, including products, production recipes, equipment, production standards and technological operations, also interactions with the system from the outside, such as interaction with suppliers and customers, as well as internal processes related to employee management are presented. When designing and creating a database, visualization and description are used to optimize the structure, i.e. identify and eliminate data redundancy, as well as to maintain normalization of the structure according to normal forms. The stages of model design are described, starting from identifying entities and defining their attributes, to defining the relationships of these entities and normalizing the resulting data. The purpose of this process is to prevent errors in creating structures not only during design, but also during the physical implementation of structures.

Keywords: semantic modeling, data structure, production and technical system, modeling, food production, automation, entity-relationship diagrams.

Получено: 04.05.26

Образец цитирования

Горохов М. М., Докучаев Д. Е. Информационно-логическая модель комплексной автоматизирующей системы сопровождения пищевых производств // Интеллектуальные системы в производстве. 2026. Т. 24, № 3. С. 44–49. DOI: 10.22213/2410-9304-2026-3-44-49.

For Citation

Gorokhov M.M., Dokuchaev D.E. [Information-logical model of a comprehensive automation system for supporting food production]. *Intellektualnye sistemy v proizvodstve*. 2026. Vol. 24, no. 3. Pp. 44-49 (in Russ.). DOI: 10.22213/2410-9304-2026-3-44-49.