

реализуемым интерфейсом, в данном случае CANbus. Характеристики реализованных интерфейсных контроллеров полностью отвечают требованиям их стандартов и спецификаций. Предложенный метод является экономически эффективным, особенно при использовании в качестве конфигурационного контроллера не дорогого микроконтроллера.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. "Протоколы прикладного уровня CAN-сетей": Современные технологии автоматизации №3/99 ст.6-15.
2. "IEEE Std 1451.2-1997, Standard for a Smart Transducer Interface for Sensors and Actuators - Transducer to Microprocessor Communication Protocols and Transducer Electronic Data Sheet (TEDS) Formats", Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., Piscataway, New Jersey 08855, September 26, 1997.
3. "IEEE Std 1451.1-1999, Standard for a Smart Transducer Interface for Sensors and Actuators - Network Capable Application Processor (NCAP) Information Model", Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., Piscataway, New Jersey 08855, June 25, 1999.
4. "IEEE Std. 1451.4-2004, Standard for a Smart Transducer Interface for Sensors and Actuators - Mixed-Mode Communication Protocols and Transducer Electronic Data Sheet (TEDS) Formats", 15 December, 2004.
5. D. Wobshall, An Implementation of IEEE 1451 NCAP for Internet Access of Serial Port-Based Sensors, Proceedings of second Sensor for Industry Conference SIcon/02, 19-21 November 2002, Houston, Texas, ISBN 1-55617-834-4, pp.157-160.
6. Depari, P. Ferrari, A. Flammini, D. Marrioli, E. Sissini, A. Tarroni, IEEE1451 Smart Sensors Supporting USB Connectivity. Proceedings of the ISA/IEEE 2004 Sensors for Industry Conference (Sicon/04). New Orleans, Louisiana, USA, 27-29 January 2004. pp. 177-182
7. T. Brooks, S. Chen, K. Lee, IEEE 1451 Smart Wireless Machinery Monitoring and Control for Naval Vessels. Presented at the Thirteenth International Ship Control Systems Symposium (SCSS) in Orlando, Florida, on April 7-9, 2003.
8. V.Golovko, L.Grandinetti, V.Kochan, T.Laopoulos, A.Sachenko, V.Turchenko, V.Tymchyshyn. Approach of an Intelligent Sensing Instrumentation Structure Development. Proceedings of the IEEE International Workshop on Intelligent Signal Processing, Budapest, Hungary, 4-7 September, 1999, pp.336-341.
9. R. Kochan, K. Lee, V. Kochan, A. Sachenko, Development of a Dynamically Reprogrammable NCAP, Proceedings of the IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference IMTC/2004, May 18-20, pp. 1188-1193.
10. Robert Bosch GmbH. CAN Specification 2.0 Part A+B, September 1991.
11. "<http://www.xilinx.com/xlnx/xebiz/search/searchresult.jsp?sGlobalNavPick=PRODUCTS&sSecondaryNavPick=IntellectualXilinx : Locator Results for IP Solutions+Property&category=-538081132&iLanguageID=1&ResultsView=Standard&IPCategory=Bus+Interface+and+IO&IPProducts=Core>."

УДК 004.8

Якимов А.И., Захарченков К.В.

БИБЛИОТЕКА ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Введение. Информационная система (ИС) предприятия является объектом со сложным составом и структурой компонентов. Ряд параметров ИС может изменяться случайным образом, например, количество и объем заказов клиентов, появление сбоев и отказов в работе оборудования, время пополнения запасов ресурсов. Это обуславливает необходимость создания имитационных моделей (ИМ) для оценки параметров и выбора состава и структуры ИС предприятия [1].

Моделирование ИС предприятия предполагает реализацию бизнес-процессов корпоративной информационной системой (КИС) в соответствии с функциями МRP II [2] на основе имитационного моделирования. Такой подход к моделированию ИС позволяет оценивать эффективность функционирования базового и проектного вариантов ИС предприятия и принимать решение по рациональному выбору состава, структуры и параметров ИС [3, 4].

Состав и структура библиотеки имитационных моделей. Для моделирования ИС предприятия разработана библиотека ИМ (рис. 1), являющаяся предметным расширением программно-технологического комплекса имитации сложных систем (ПТКИ) BelSim [5] при исследовании ИС. Библиотека ИМ ИС промышленного предприятия включает ИМ бизнес-процесса планирования продаж и производства, ИМ бизнес-процесса управления запасами ресурсов, ИМ ИС производ-

ственного процесса, а также ИМ функционирования ИС в корпоративной сети.

Все ИМ, входящие в состав библиотеки ИМ ИС предприятия реализованы на основе процессного способа имитации [6] и предназначены для рационального выбора параметров подсистем ИС [7]. Каждая ИМ, кроме процессов, реализованных в ИС, включает процессы финансово-хозяйственной деятельности промышленного предприятия, непосредственно связанных с процессами ИС.

Имитационная модель бизнес-процесса планирования продаж и производства. ИМ бизнес-процесса планирования продаж обеспечивает возможность анализа эффективности различных методов планирования продаж, реализованных в КИС, с точки зрения экономических показателей работы предприятия. Структуры данных ИМ предназначены для хранения параметров процессов модели, которые, в свою очередь, реализуют бизнес-логику ее работы.

В структуре *TOrder* (рис. 2) хранятся параметры заказов: даты поступления; виды продукции; объемы заказов; даты их выполнения; максимальное время ожидания выполнения заказов после истечения срока поставки; распределение объема заказов по видам продукции; распределение отгрузок продукции по датам; интервал времени между поступлениями заказов.

Якимов Анатолий Иванович, к.т.н., доцент каф. «Автоматизированные системы управления» Государственного учреждения высшего профессионального образования «Белорусско-Российский университет».

Захарченков Константин Васильевич, аспирант каф. «Автоматизированные системы управления» Государственного учреждения высшего профессионального образования «Белорусско-Российский университет».

Беларусь, БРУ, 212005, г.Могилев, пр.Мира, 43.

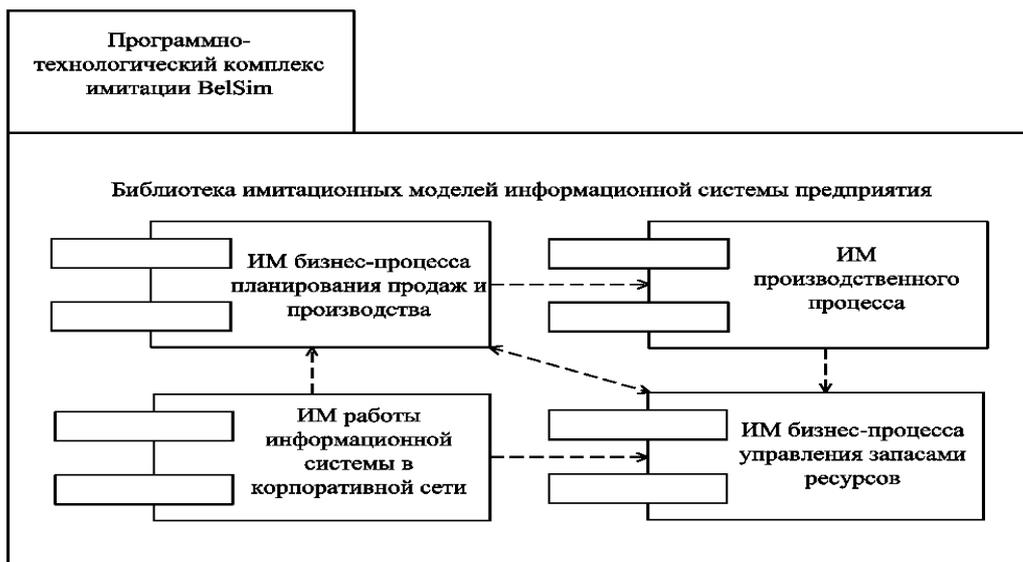


Рис. 1. Состав и структура библиотеки имитационных моделей ИС.



Рис. 2. Диаграмма компонентов ИМ бизнес-процесса планирования продаж и производства.

Структура *TPlan* предназначена для хранения параметров планирования продаж и производства: числа заказов в очереди; максимального ежедневного выпуска условного вида продукции без сверхурочной работы; максимального ежедневного выпуска условного вида продукции при сверхурочной работе; дополнительных затрат на выпуск единицы условного вида продукции сверх установленных норм; длительности производственного цикла для каждого вида продукции; потерь производительности при переводе на выпуск другого вида продукции; изменений загрузки производственной мощности во времени; метода планирования продаж и производства.

Структура *TProduct* предназначена для хранения характеристик выпускаемой продукции: максимального ежедневного выпуска продукции без сверхурочной работы; коэффициентов пересчета выпуска продукции на единицу условного вида продукции; норм хранения каждого вида продукции; штрафов

за каждый день просрочки поставки; складского запаса каждого вида продукции.

Основной компонентой ИМ бизнес-процесса планирования продаж и производства является структура *TEnterprise*, содержащая большинство стандартных характеристик промышленного предприятия и внешней среды: видов продукции и цен каждого вида продукции, интервалов между изменениями цен и коэффициентов изменения цен; характеристик ресурсов (объемов и цен), необходимых для производства каждого вида продукции.

Процесс *CShipmentGenerating* используется для генерации заказов через случайные промежутки времени с заданным законом распределения, средним значением и стандартным отклонением. При создании заказа генерируются его параметры: виды и объемы продукции, дата выполнения и максимальное время ожидания выполнения заказа. Эти данные ис-

пользуются в процессах *Planning MPS1*, *Planning MPS2*, *Planning MPS3* (рис. 2) планирования продаж и производства.

Процесс *Planning MPS1* реализует традиционный метод планирования продаж и производства, состоящий в том, что заказы на поставку продукции собираются в течение некоторого промежутка времени (обычно месяца), после чего планируется выпуск продукции с учётом имеющихся производственных мощностей. Заказы выполняются в порядке их поступления. При этом предполагается, что сроки исполнения заказов не ограничены. Данный процесс запускается через промежуток времени, равные периоду сбора заказов.

Процесс *Planning MPS2* реализует метод планирования продаж и производства, основанный на том, что выпуск продукции меняется каждый раз при поступлении заказа. Однако выпуск не может превышать некоторого предельного значения. Данный процесс создаётся процессом *CShipmentGenerating*. Продукция производится непосредственно перед отгрузкой, что позволяет снизить издержки, связанные с её хранением. Производство продукции распределяется по дням, начиная со срока отгрузки. При этом максимальный выпуск продукции приходится на дни, непосредственно предшествующие отгрузке. В случае, если даже при максимальном выпуске невозможно выполнить заказ в срок, можно попытаться выполнить заказ несколько позже, но при этом придётся платить штраф за просрочку.

Процесс *Planning MPS3* реализует метод планирования продаж и производства, при котором все заказы выполняются только точно вовремя за счёт сверхурочной работы. Если заказ невозможно выполнить вовремя даже при максимальном выпуске продукции, планируется производство продукции за счёт сверхурочной работы в течение нескольких дней непосредственно предшествующих сроку исполнения заказа. Если заказ невозможно выполнить даже при сверхурочной работе с максимальным дополнительным выпуском от момента поступления заказа до срока его исполнения, предприятие отказывается от выполнения заказа [8, 9].

Процессы *CShipmentPrepaying*, *CShipmentShipping* и *CShipmentPaying* моделируют соответственно предоплату заказа продукции, отгрузку продукции и оплату заказа в соответствии с условиями договора продажи. Процесс *CProductionStartup* предназначен для моделирования производства продукции. Процесс *CAccount* обеспечивает формирование показателей бухгалтерского баланса [5].

Откликами ИМ являются финансово-экономические показатели работы предприятия (чистая прибыль, рентабельность продукции и др.), а также основной план-график производства и план продаж, используемый ИМ производственного процесса и управления запасами ресурсов.

Имитационная модель информационной системы производственного процесса. ИМ ИС производственного процесса (ПрП) предназначена для оценки основных параметров ПрП в условиях неопределённости и риска, связанных с возможностью возникновения сбоев и отказов в процессе выполнения производственных операций ПрО. Целью моделирования ИС ПрП является рациональный выбор параметров управления отдельными ПрО и ПрП в целом, обеспечивающий необходимый выпуск продукции при минимальных затратах [10].

Параметрами каждой ПрО являются: вид и объём потребляемого и производимого ресурсов [11]; время между сбоями и отказами; время действия операции; время устранения сбоев и отказов в процессе действия операции. Учитывая, что сбой и отказы в ПрО имеют случайный характер, время между сбоями и отказами, а также время на их устранение задаются видом функции распределения, средним значением и стандартным отклонением. Параметрами ПрП являются количество видов ресурсов, количество ПрО и цены на ресурсы.

В качестве выходных данных (откликов) ИМ выступают следующие величины: длительность производственного цикла; количество запусков операций; количество сбоев и отказов операций; уровень запасов ресурсов; производственные мощности; средняя скорость изменения уровня запасов ресурсов; суммарное время ожидания операцией требуемого ресурса; суммарное время простоя операции; суммарное время устранения отказов операций; суммарное время устранения сбоев операций; себестоимость продукции. В ИМ ИС ПрП используется три типа ресурсов: складские, промежуточные, продукция).

При запуске процесса, моделирующего ПрО, проверяется наличие всех необходимых для запуска операции ресурсов. Если все ресурсы доступны, моделируется потребление ресурсов и процесс переводится на стадию производства.

Если ПрО находится на стадии производства, то через интервал времени, соответствующий длительности ПрО, процесс переходит на стадию окончания. Если в процессе работы ПрО происходит отказ, то процесс переходит на стадию запуска, определяется время следующего отказа, генерируется время устранения отказа. После устранения отказа процесс, моделирующий ПрО, запускается заново. Если в процессе работы ПрО происходит сбой, то рассчитывается время следующего сбоя, генерируется время устранения сбоя, и процесс, моделирующий ПрО, переводится в состояние ожидания на время устранения сбоя. Когда процесс, моделирующий ПрО, находится на стадии окончания, увеличивается объём ресурса и процесс переводится на стадию запуска. Структуры данных, процессы ИМ ИС ПрП и взаимосвязь компонентов модели представлены на рис. 3.

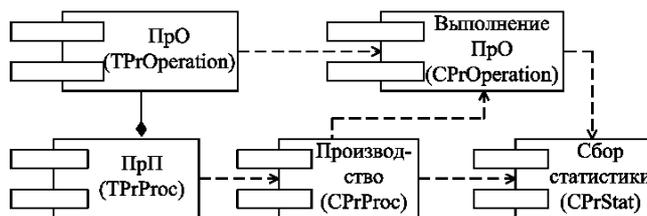


Рис. 3. Диаграмма компонентов ИМ ИС ПрП.

В ИМ ИС ПрП структура данных *TPrOperation* (рис. 3) предназначена для хранения параметров ПрО, структура данных *TPrProc* - для хранения параметров производственного процесса.

Назначение процесса *CPrProc* - задание параметров и запуск модели. Процесс *CPrOperation* моделирует процесс работы производственной операции в соответствии с алгоритмом, описанным выше. Для сбора статистики моделирования предназначен процесс *CPrStat* [12].

Имитационная модель бизнес-процесса управления запасами ресурсов. Управление запасами ресурсов (УЗР) является одной из основных функций ИС промышленного предприятия в соответствии со стандартом стандарта МRP II [2], поскольку эффективное УЗР обеспечивает не только сокращение складских запасов ресурсов (что, в свою очередь, позволяет сократить затраты на их хранение), но и бесперебойную работу производства и, следовательно, своевременное выполнение заказов клиентов.

В общей теории управления запасами известны методики управления запасами с фиксированным размером заказа, с постоянным уровнем запасов, с двумя уровнями запасов. При использовании методики УЗР с фиксированным размером заказа уровень запаса проверяется каждый раз при потреблении ресурса. Если уровень запаса ресурса становится ниже критического – подается заказ, размер которого является постоянной величиной. При использовании методики УЗР с постоянным уровнем запаса заказ подается каждый раз при

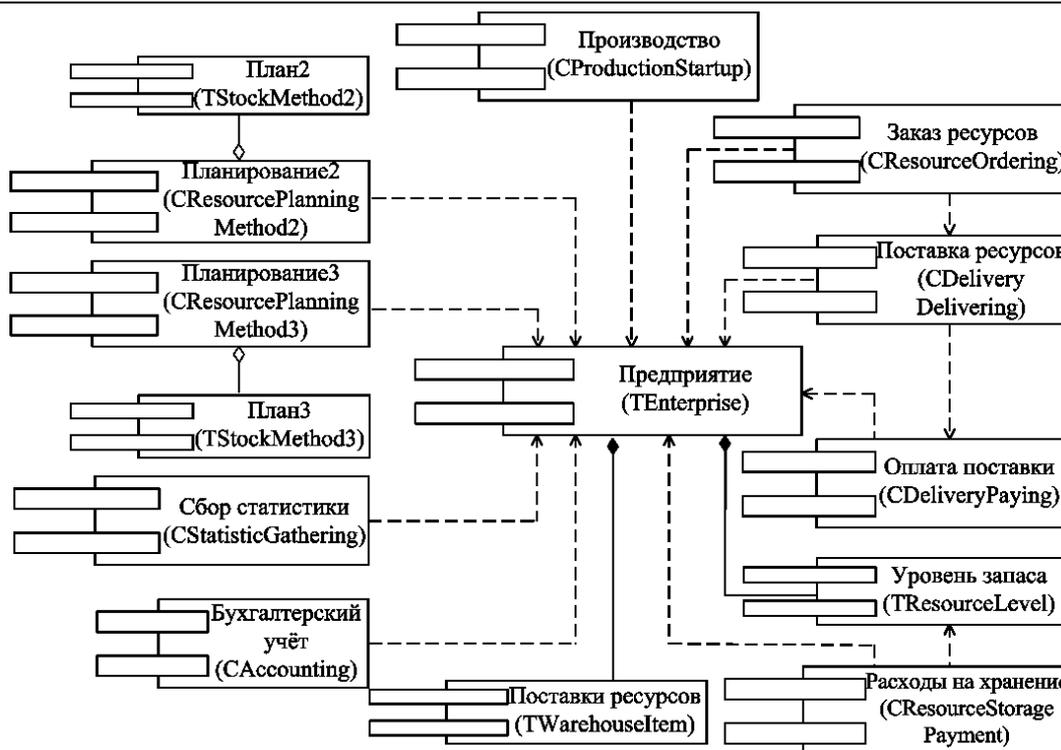


Рис. 4. Структуры данных, процессы ИМ бизнес-процесса УЗР и взаимосвязь компонентов модели.

снижении уровня запаса ресурса. Величина заказа равна разности критического и имеющегося на момент заказа уровня запаса ресурсов. При использовании методики УЗР с двумя уровнями запасов заказ подаётся каждый раз при уменьшении запаса ресурса ниже критического уровня, но величина заказа равна разности между максимальным и имеющимся на момент заказа уровнями запаса ресурсов [13].

Особенности функционирования реального предприятия и его производственного процесса накладывают ограничения на применение той или иной методики УЗР. В частности, предприятие не всегда может пополнить запасы ресурсов, когда в этом возникает необходимость, из-за отсутствия денежных средств, дефицита ресурсов на рынке и т.д. Одним из методов выбора методики УЗР и её параметров в условиях неопределённости является построение имитационной модели управления запасами (рис. 4).

В ИМ структура *TStockMethod2* (рис. 4) содержит параметры методики управления запасами с постоянным уровнем запаса ресурса: минимальный уровень запаса ресурсов, интервал проверки состояния запасов ресурсов, объём заказанных ресурсов.

Структура *TStockMethod3* содержит параметры методики управления запасами ресурсов с двумя уровнями: минимальный и максимальный уровни запаса ресурсов, интервал проверки состояния запасов, объём заказанных ресурсов. В структурах *TStockMethod2* и *TStockMethod3* объём заказанных ресурсов является промежуточным параметром, предназначенный для исключения повторного заказа ресурсов в том случае, если ресурсы заказаны, но запасы не пополнились из-за отсутствия денег на расчётном счету предприятия или из-за задержки выполнения заказа.

Структура *TResourceLevel* содержит параметры, характеризующие изменение уровня запасов ресурсов во времени: текущее время и уровень запаса ресурсов в этот момент.

Структура *TWarehouseItem* содержит информацию о поставках ресурсов на предприятие (в каком количестве и по какой цене осуществлена поставка ресурсов). Эта информа-

ция необходима для формирования показателей бухгалтерского баланса.

Структура *TEnterprise* является основной компонентой в имитационном моделировании деятельности предприятия и содержит большинство стандартных характеристик объекта моделирования (цены на ресурсы и продукцию, нормы хранения запасов ресурсов, параметры план-графика производства, интервалы между отгрузками продукции, нормы расхода ресурсов на производство продукции) и внешней среды (уровень инфляции). Структура *TEnterprise* содержит также параметры методики УЗР с фиксированным размером заказа: минимальный размер запаса (точка заказа) и объём заказанных ресурсов.

Процесс *CResourceOrdering* моделирует заказ ресурсов и бизнес-процесс УЗР, если выбрана методика с фиксированным размером заказа. В этом случае *CResourceOrdering* запускается при уровне запаса ниже точки заказа. В остальных случаях *CResourceOrdering* вызывается из процессов, моделирующих бизнес-процесс УЗР на основе других методик.

Процесс *CResourcePlanningMethod2* предназначен для моделирования бизнес-процесса планирования заказа ресурсов по методике УЗР с постоянным уровнем, процесс *CResourcePlanningMethod3* - для моделирования бизнес-процесса УЗР по методике УЗР с двумя уровнями.

Процессы *CResourcePlanningMethod2* и *CResourcePlanningMethod3* запускаются через промежутки времени, соответствующие интервалам проверки уровня запаса.

Процесс *CResourceStoragePayment* предназначен для расчёта затрат, связанных с хранением ресурсов, запускается ежедневно в модельном времени.

В процессе *CResourcePriceChanging* рассчитываются цены на ресурсы в момент заказа. Данные заносятся в структуры *TWarehouseItem* и *TEnterprise*.

Процессы *CDeliveryPrepaying*, *CDeliveryDelivering* и *CDeliveryPaying* предназначены, соответственно, для моделирования предоплаты поставки ресурса, поставки ресурса и оплаты поставки ресурса. Эти процессы запускаются из *CResourceOrdering* [5].

Процесс *CProductionStartup* предназначен для моделирования производства продукции. Формирование показателей бухгалтерского баланса обеспечивает процесс *Accounting*. Сбор статистики моделирования через определённые интервалы времени выполняет процесс *CStatisticsGathering*.

Имитационная модель работы информационной системы в локальной вычислительной сети. ИМ работы ИС в локальной вычислительной сети (ЛВС) предназначена для оценки скорости выполнения запросов при заданной конфигурации компьютеров и известной структуре сети. При этом ИМ позволяет также выбрать рациональную конфигурацию компьютеров и структуру сети, обеспечивающую необходимую скорость выполнения запросов.

В качестве параметров ИМ работы ИС в ЛВС используются стандартные характеристики основных компонентов компьютера (процессора; оперативной памяти; накопителя на жестком диске; сетевого адаптера; устройств ввода-вывода), и показатели конфигурации сети (типы устройств и способ их соединения, скорость передачи данных). В качестве исходных данных для моделирования используются и параметры пользовательских запросов (интенсивность генерации запросов, длительность и объёмы использования ресурсов), которые задаются видом функции плотности распределения, средним значением и стандартным отклонением [14, 15].

В качестве откликов ИМ используется скорость выполнения запросов в каждом узле, пропускная способность узла и ЛВС в целом, степень загрузки устройств компьютера и сетевого оборудования [14, 15].

В структурах, приведенных в таблице 1, хранятся данные имитационной модели.

Таблица 1. Структуры данных ИМ работы ИС в ЛВС

| Название структуры | Хранимая информация |
|---------------------------|---------------------------------------|
| <i>TQuery</i> | Параметры запросов |
| <i>TResourceStatistic</i> | Статистика моделирования |
| <i>TCore</i> | Параметры процессора и ОЗУ |
| <i>THDD</i> | Параметры накопителя на жёстком диске |
| <i>TOutput</i> | Параметры устройства вывода |
| <i>TNet</i> | Параметры сетевого адаптера |
| <i>TPC</i> | Состав узла ЛВС |
| <i>TLVS</i> | Структура сети ЛВС |

Перечень и назначение процессов, моделирующих работу ИС в ЛВС, приведены в таблице 2.

Таблица 2. Процессы ИМ работы ИС в ЛВС

| Название процесса | Назначение |
|--------------------------|--|
| <i>CgenerateQuery</i> | Генерация запросов на узле |
| <i>CqueryProcessing</i> | Обработка запросов на узле |
| <i>CcoreProcessing</i> | Обработка запроса процессором и ОЗУ |
| <i>CHDDProcessing</i> | Обработка запроса накопителем на жестком диске |
| <i>CoutputProcessing</i> | Обработка запроса устройством вывода |
| <i>CnetProcessing</i> | Обработка запроса сетевым адаптером |
| <i>CnetTransfer</i> | Передача пакетов данных по сети |
| <i>Cstatistics</i> | Сбор статистики |

Процессы ИМ реализуют стандартные алгоритмы моделирования обработки пользовательских запросов в узлах ЛВС и процессы передачи информации по сети [14,15] (рис. 5).

Заключение. Разработанная библиотека ИМ ИС позволяет выбирать состав, структуру и параметры ИС предприятия.

Для этого на первом шаге выбирается проекты ИС и уровни изменения параметров каждого проекта. На втором шаге последовательно прогоняются ИМ, входящие в состав библиотеки ИМ ИС, и определяются рациональные значения параметров каждой ИМ, используя интегральный показатель, рассчитанный как сумма произведений нормированных откликов модели на уровни их значимости для исследователя [7]. На третьем шаге рассчитывается интегральный показатель качества функционирования ИС как сумма интегральных показателей ИМ, входящих в состав библиотеки ИМ ИС. Проект ИС с максимальным интегральным показателем считается наиболее предпочтительным.

Работа выполнена при финансовой поддержке Государственной программы фундаментальных исследований «Математические структуры 16»

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- Захарченков К.В. К вопросу о выборе корпоративной информационной системы предприятия // Вестник Могилевского государственного технического университета. - 2004. - №2(7). - С. 38-42.
- Глинских А. Мировой рынок ERP-систем // Jet Info / Информационный бюллетень. - 2002. - №2(105). - 32 с.
- Захарченков К.В. Моделирование и рациональный выбор параметров информационной системы промышленного предприятия // Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности: Материалы респ. науч.-техн. конф., 27 января 2006 г. - Могилев: ГУ ВПО «Бел.-Рос. ун-т», 2006. - С. 9-12.
- Робсон М., Уллах Ф. Практическое руководство по реинжинирингу бизнес-процессов / Пер. с англ. под ред. Н.Д. Эрншвилли. - М.: ЮНИТИ, 1997. - 224с.
- Якимов А.И., Альховик С.А. Имитационное моделирование в ERP-системах управления. - Мн.: Бел. наука, 2005. - 197с.
- Максимей И.В. Имитационное моделирование на ЭВМ. - М.: Радио и связь, 1988. - 232 с.: ил.
- Максимей И.В. Задачи и модели исследования операций. Ч.3. Технология имитации на ЭВМ и принятие решений: Уч. пособие / И.В.Максимей, В.Д.Левчук, С.П.Жогаль и др. - Гомель: БелГУТ, 1999. - 150 с.
- Бигель Дж. Управление производством. Пер. с англ. - М.: Финансы и статистика, 1983. - 248 с.
- Ильин А.И. Планирование на предприятии: Учебник - Мн.: Новое знание, 2001. - 635 с.: ил.
- Якимов А.И., Захарченков К.В. Моделирование производственного процесса для поиска путей снижения себестоимости продукции // Известия Белорусской инженерной академии. - 2005. - №1(19)/2. - С. 36-39.
- Файнгольд М.Л., Кузнецов Д.В. Принципы расчёта производственной мощности и загрузки оборудования / Под науч. ред. М.Л. Файнгольда. - Владимир: Изд-во ВГПУ, 2002. - 85 с.
- Якимов А.И., Захарченков К.В., Петров Р.В. Имитационное моделирование сложного дискретного производственного процесса на основе ПТКИ BelSim // Известия Гомельского государственного университета им. Ф.Скорины. - 2005. - №5(32). - С. 135-137.
- Оливер У.У. Управление производством и материальными запасами в век ЭВМ. - М.: Прогресс, 1978. - 304 с.
- Демиденко О.М., Максимей И.В. Имитационное моделирование взаимодействия процессов в вычислительных системах. - Мн.: Бел. наука, 2000. - 230 с.
- Демиденко О.М., Максимей И.В. Проектное моделирование вычислительного процесса в локальных вычислительных сетях. - Мн.: Бел. наука, 2001. - 252 с.

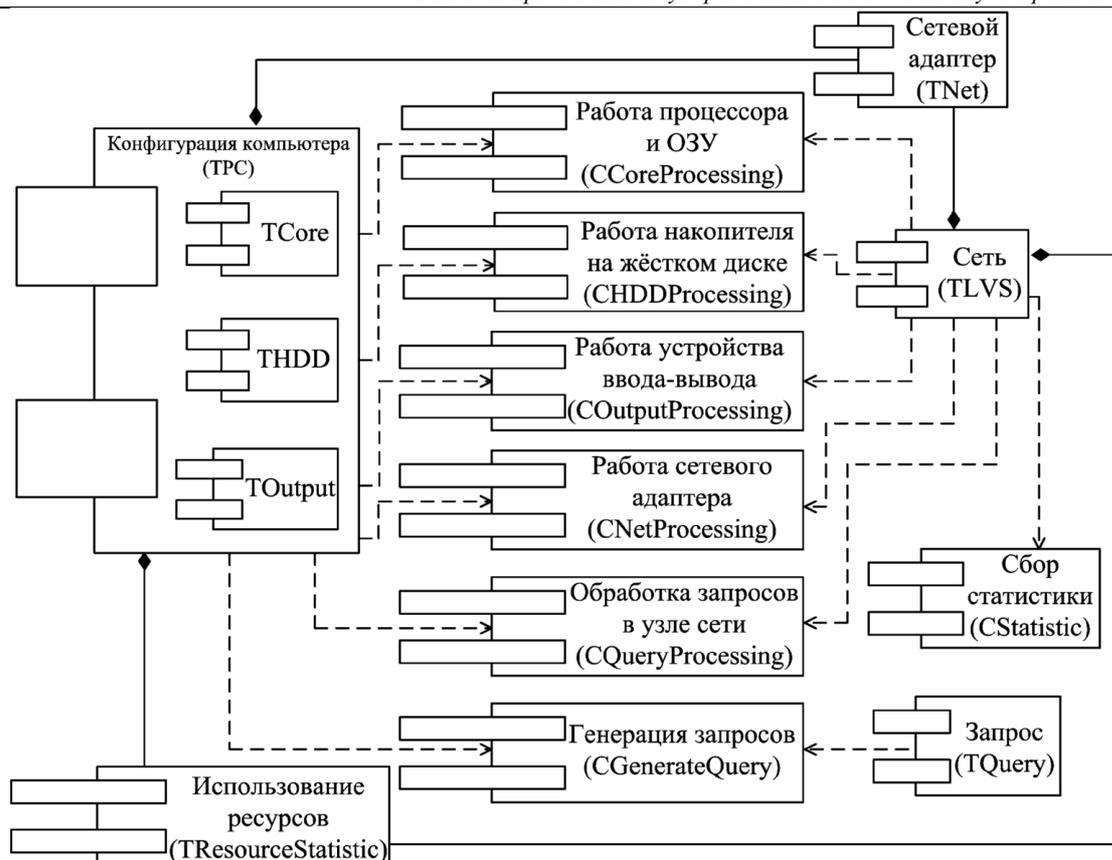


Рис. 5. Диаграмма компонентов ИМ работы ИС в ЛВС.

УДК 681.324

Савицкий Ю.В.

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ НЕЙРОСЕТЕВОГО АНАЛИЗА ХАОТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ

Данный программный комплекс предназначен для проведения различных этапов нелинейного анализа и обработки сигналов, имеющих хаотическую природу [1, 2]. Целью создания программной системы является интеграция в единую систему разработанных оригинальных нейросетевых алгоритмов в области обработки хаотических процессов.

Данное специализированное программное обеспечение выполняет следующие основные функции:

- инициализация архитектуры трехслойной нейронной сети из следующего ряда: многослойного персертрона, рекуррентных структур Элмана, Джордана, мультирекуррентной сети Элмана-Джордана;
- фиксированная и адаптивная инициализация межнейронных связей;
- организация обучающего множества с предварительной процедурой нормализации исходных данных;
- выполнение различных режимов обучения нейронной сети в различных задачах обработки хаотических сигналов;
- мониторинг и управление процессом обучения нейронной сети;
- расчет временной задержки τ и размерности пространства вложения m [2-7].

- реализация нейросетевого алгоритма вычисления старшего показателя Ляпунова;
 - оценка хаотичности поведения исследуемого процесса на исходном множестве данных; выделение интервалов хаотичного и детерминированного поведения динамической системы;
 - вычисление и оценивание многошаговых прогнозов.
- Рассмотрим более детально ключевые моменты, реализованные в данном программном комплексе.

Известно [2, 8], что исследование хаотических процессов можно разделить на ряд этапов:

1. Получение предварительная обработка данных временного ряда. На данном этапе наблюдаемая координата динамической системы дискретизируется с некоторым временным шагом и сохраняется в качестве временного ряда. Важным аспектом является то, чтобы полученные данные адекватно описывали систему. От этого сильно зависит точность вычисления искомых параметров и качество прогнозирования процесса.

2. Анализ временного ряда и псевдофазовая реконструкция аттрактора. *Псевдофазовая реконструкция* – это отображение, которое точке $x(t)$ временного ряда ставит в соответствие точку $(x(t), x(t-\tau), \dots, x(t-(m-1)\tau)) \in \mathbf{R}^m$, где

Савицкий Юрий Викторович, к.т.н., доцент каф. «Интеллектуальные информационные технологии» Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.