

УДК 004.422.8, 519.237

А.Б. ЛЕЩЕНКО, Д.А. СЕЛЮТИН, Ю.А. ЛЕЩЕНКО, Н.В. КУЗНЕЦОВА

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КАЧЕСТВА ПРИБОРОСТРОИТЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ

Предлагается подсистема прогнозирования для реализации комплексного подхода к прогнозированию качества. Используется метод комплексного прогнозирования качества продукции основанный на имитационном моделировании качества продукции модифицированный вероятностным методом. Для анализа результатов прогнозирования применяются методы кластерного анализа с автоматическим построением правил. В рамках разработки подсистемы разработаны UML модели и модули для реализации основных функций анализа исходных данных и вычисления качества производственных элементов.

Ключевые слова: подсистема, прогнозирование качества, UML модели, оценка качества, управление производством, клиент-серверная архитектура.

Введение

С развитием промышленности повышаются требования к качеству выпускаемого продукта, поскольку только качественная продукция способна быть конкурентоспособной в условиях рыночной экономики. Улучшение качества изделий равносильно увеличению объема выпуска продукции без строительства новых заводов, без увеличения затрат сырья и материалов. Только за счет повышения качества продукция может выйти на мировой рынок товаров и услуг.

Для достижения задачи улучшения качества необходимо применение комплексных методов, способных оценивать качество производимой продукции исходя из имеющихся статистических данных, одним из таких методов является метод комплексного прогнозирования качества продукции описанный в статье [1]. Поскольку метод является ресурсоемким, требующим обработки большого объема статистических данных о работе предприятия, на основании которых возможно создавать прогнозы с выводом рекомендаций по улучшению качества продукции, то для эффективного его применения необходимо разработать программный продукт.

Постановка задачи

В настоящий момент существует ряд подходов к прогнозированию, методов и программных продуктов в сфере приборостроительного производства. При этом особое внимание уделяется пользовательскому интерфейсу и функциональности программного продукта. Так существующие программные продукты обладают избыточной сложностью настроек прогнозирования и интерфейса пользователя (Statistica), или же ограниченным набором методов

прогнозирования (SYSTAT), не дающих произвести охват всей предметной области [2]. Поэтому является актуальной задача создания программного продукта, который позволяет производить прогнозирование качества с использованием существующих простых методов регрессии, интеллектуального и статистического анализа данных.

Поскольку разработанный метод комплексного прогнозирования качества продукции состоит из простых методов прогнозирования, предназначенных для анализа статистических данных и имитации старения оборудования [1] и могут быть использованы как независимо, так и в связи друг с другом посредством имитационного моделирования, то он является наиболее подходящим для решения поставленной задачи. Исходя из поставленной задачи, сформируем основные требования к подсистеме прогнозирования качества продукции:

- использование простых методов прогнозирования;
- использование комплекса методов прогнозирования;
- наличие простого и функционального пользовательского интерфейса;
- наличие модуля анализа результатов прогноза и вывода рекомендаций по улучшению качества.

Исходными данными для работы подсистемы являются:

- структура и технология производства;
- статистические данные, накопленные в процессе работы предприятия;
- информация о сотрудниках и материальном фонде производства;
- случайные факторы, влияющие на конкретные элементы производства.

Решение поставленной задачи

Разработка программного продукта является сложным процессом, направленным на реализацию определенных функций. Поэтому для описания функций подсистемы прогнозирования качества продукции используем стандарты языка UML, который является объектно-ориентированным, а значит описание результатов анализа и проектирования приложений схожи с принципами программирования в современных объектно-ориентированных языках [3, 4]. Для реализации UML моделей выбран продукт компании Rational, поскольку он позволяет автоматически генерировать код на одном из доступных языков программирования, что упрощает процесс кодирования [3, 5]. На рис. 1 представлены основные функции подсистемы прогнозирования качества продукции. Большинство функций связано с получением и обработкой данных. Это связано с применением простых методов прогнозирования, основанных на аппроксимации временных трендов. Результаты их работы могут применяться в имитационном моделировании и интеллектуальном анализе данных с использованием вероятностной оценки качества продукции [1], что позволит реализовать комплексную оценку качества продукции.

Основными действующими лицами на диаграмме прецедентов (рис. 1) являются:

- пользователь (инициатор всех действий);
- подсистема доступа к данным, которая реализует взаимодействие подсистемы прогнозирования с базой данных производственного предприятия;
- подсистема анализа данных, которая реализует применение простых методов прогнозирования и статистической обработки к полученной информации от подсистемы доступа;
- подсистема прогнозирования, которая реализует имитационное моделирование;
- подсистема интеллектуального анализа данных, которая анализирует полученные в ходе моделирования данные и производит синтез рекомендаций по улучшению качества продукции.

Представленные подсистемы являются подсистемами 2-го уровня по отношению к информационной системе предприятия, которая является подсистемой 1-го уровня [6]. Используя отношения между действующими лицами (рис. 1) разработана диаграмма базовых классов подсистемы прогнозирования качества продукции (рис. 2). Каждая из подсистем (рис. 1) представлена отдельным пакетом, который может быть реализован в виде отдельного функционального модуля:



Рис. 1. Диаграмма прецедентов

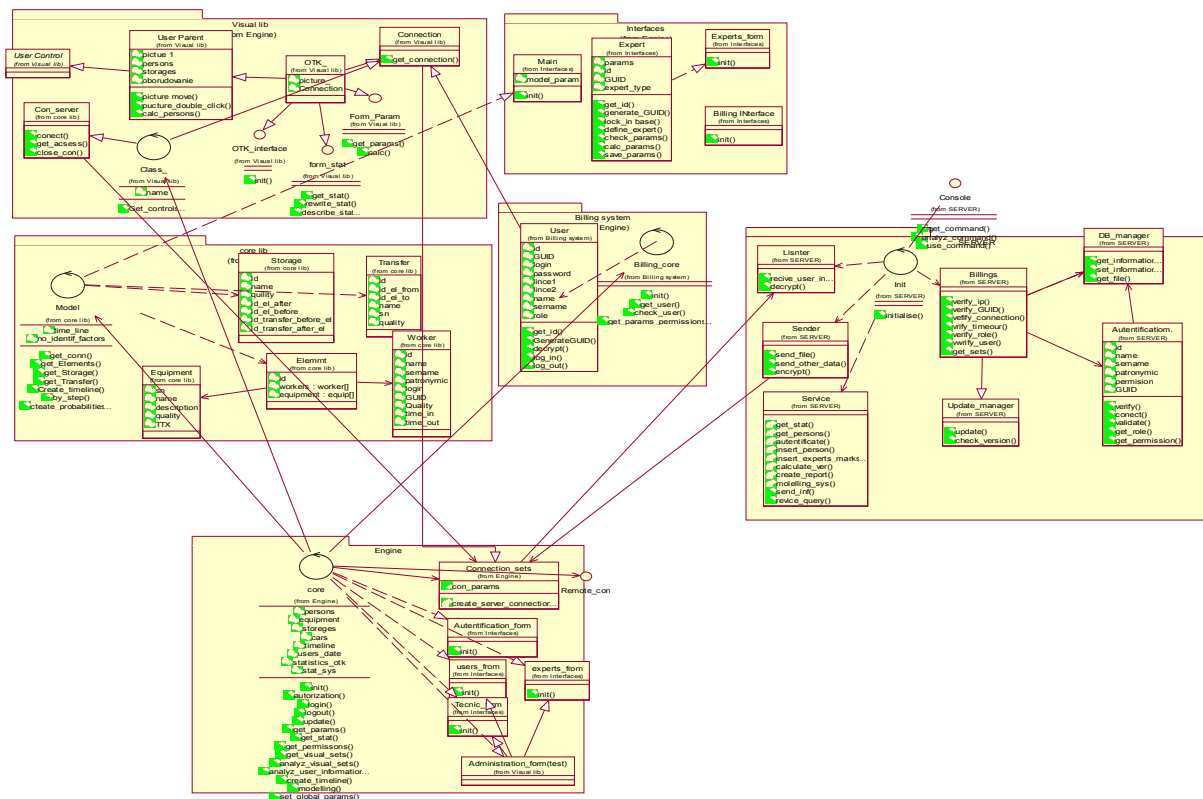


Рис. 2. Диаграмма классов

- модуль прогнозирования (core_lib),
- модуль графических компонент (visual_lib),
- модуль запуска (engine) и серверные модули (server и billing) (рис. 2).

Такое решение упрощает задачу обновления компонент, отладку программного продукта и развешивание подсистемы.

Подсистема прогнозирования качества продукции спроектирована с использованием 3-х уровневой архитектуры, где сервер приложений составляют модули прогнозирования (core_lib), запуска системы (engine), приема и передачи данных (server) и учета пользователей (billing). В качестве клиентов используются два типа клиентов: тонкий, представленный web-браузером и толстый, представленный модулем прогнозирования (core_lib) и библиотекой графических элементов (visual_lib). Рассмотрим подробнее назначение и связи между модулями.

Начало работы подсистемы происходит с загрузки модуля engine, поскольку он обеспечивает соединение с сервером, идентификацию пользователя и инициализацию необходимых модулей подсистемы:

- прогнозирования (модуль предназначен для разработки прогноза по качеству на определенный период времени с использованием обработанных сервером данных о структуре производства, степени подготовленности работников, качества транспортных и логистических операций, вероятностной оценке прохождения промежуточного контроля и случайных факторах),

- графических компонент (модуль предназначен для хранения пользовательских интерфейсов),
- проверки и учета пользователей (модуль предназначен для идентификации пользователя, загрузки пользователю используемой структуры производства и учета изменений, вносимых пользователем),
- анализа данных (модуль предназначен для анализа статистических данных и полученных прогнозов).

Математический аппарат модели прогнозирования качества, рассмотренный ранее [1], позволяет производить как прогнозирование с использованием комплекса методов, так и прогнозирование с использованием простых методов составления прогнозов. Перечисленные возможности представлены в модуле core_lib, что позволяет размещать данный модуль на толстом клиенте и производить прогнозирование на стороне клиента, получать от сервера статистические данные предприятия, и на сервере, при работе пользователей с использованием тонкого клиента.

Процесс прогнозирования основан на имитационном моделировании, где имитируется старение производственных мощностей, в виде событий на элементах модели, в совокупности с оценкой качества продукции на выходе каждой партии [1]. Данный процесс может ветвиться (рис. 3) в зависимости от вероятности происхождения события. После моделирования события выполняется вычисление статистических характеристик персонала, старения обо-

рудования, промежуточного контроля, грузоперевозок и складских операций. Далее моделируется возникновение случайного фактора и вероятности производства бракованного изделия из-за некомпетентности выполнения работы различными элементами производства (персоналом, оборудованием и т.д.). Последующие действия определяются критичностью произошедшего случайного фактора и тем, могут ли они быть устранены. После чего происходит расчет относительного показателя качества продукции с применением формулы расчета [1]. Однако, вычисленные статистические характеристики могут также использоваться отдельно, не прибегая к комплексному методу. Результатом такого расчета будут значения вероятности получения качественной продукции для каждого элемента производства отдельно.

Алгоритм прогнозирования, представленный на рис. 3, выполняется на стороне сервера, поскольку требует большого количества вычислительных ресурсов на этапе расчета количественной оценки качества продукции [7].

На основании диаграммы классов и диаграммы состояний и переходов разработана подсистема прогнозирования качества приборостроительной продукции, организационно-техническая диаграмма которой представлена на рис. 4. На диаграмме представлены основные модули подсистемы и их взаимодействие между собой. Взаимодействие может производиться внутри приложения (модули, расположенные внутри пакетов, обмениваются между собой данными, необходимыми для функционирования системы), или передача обработанных данных по запросу пользователя на клиентские терминалы (модули обмениваются между собой посредством использования web-сервисов) [8].

Данная подсистема позволяет производить прогнозирование качества продукции на основе исходных данных о структуре производства (загружаемых с сервера в виде XML файла), случайных факторах (задаваемых пользователем) и обработанных сервером статистических данных по материальной базе производства. Для реализации функций обработки

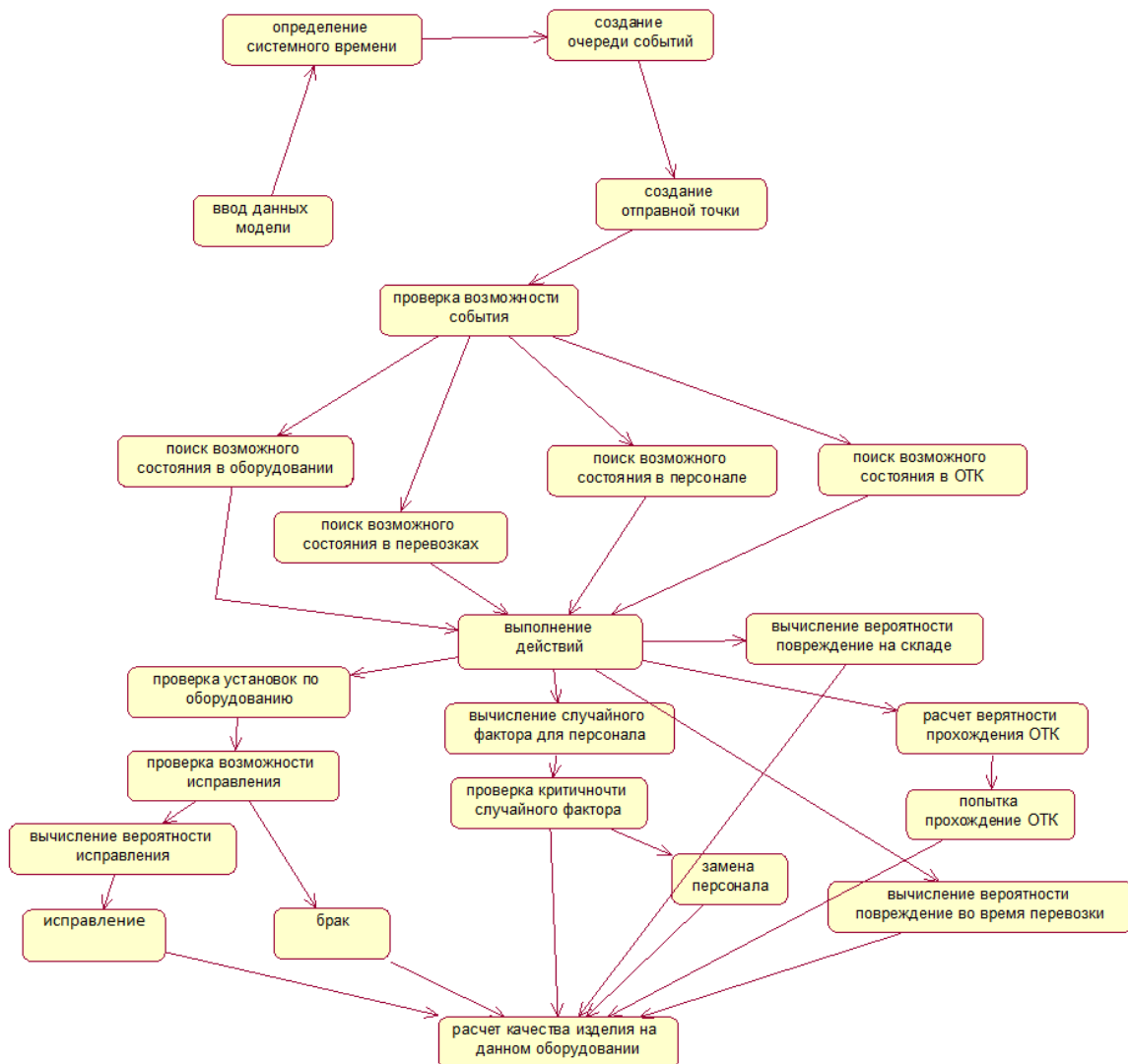


Рис. 3. Диаграмма состояний и переходов

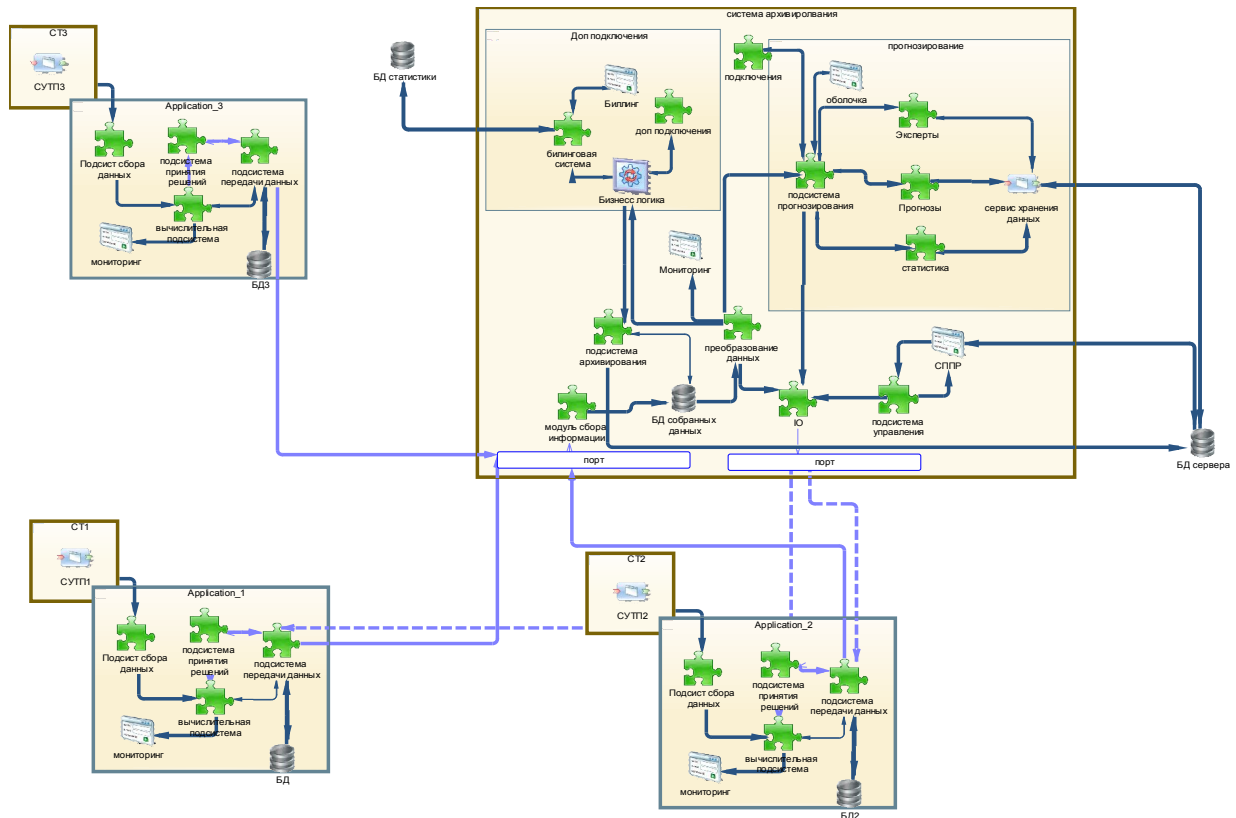


Рис. 4. Организационно-техническая диаграмма

статистической информации и простых методов прогнозирования были разработаны dll библиотеки, реализующие модуль core_lib.

Работа приложения начинается с ввода логина и пароля, по которому пользователю доступны обработанные сервером статистические данные по производству и используемая схема производства. Приложение формирует графическое представление данной структуры на вкладке «Производственная структура» (рис. 5).

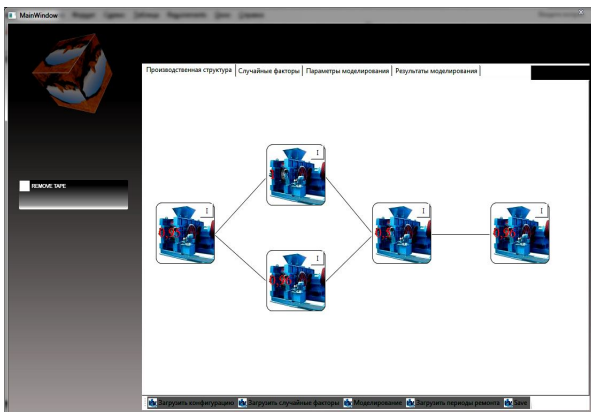


Рис. 5. Ввод структуры предприятия

Ввод случайных факторов пользователь может произвести на вкладке «Случайные факторы» с помощью загрузки факторов из файла, или ввода их вручную (рис. 6).

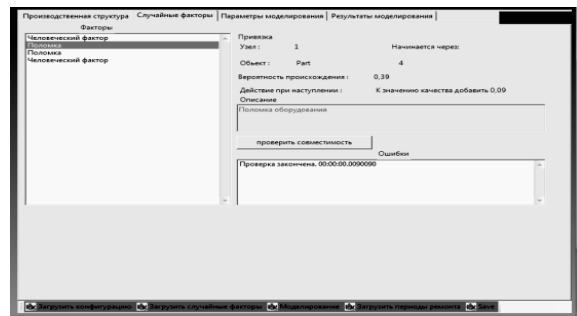


Рис. 6. Ввод списка случайных факторов

На вкладке «Параметры моделирования» доступны опции установки периода времени моделирования и изменения времени планово-предупредительных ремонтов оборудования (рис. 7) и представлены результаты прогнозирования в текстовом виде (лог-файл процесса прогнозирования).

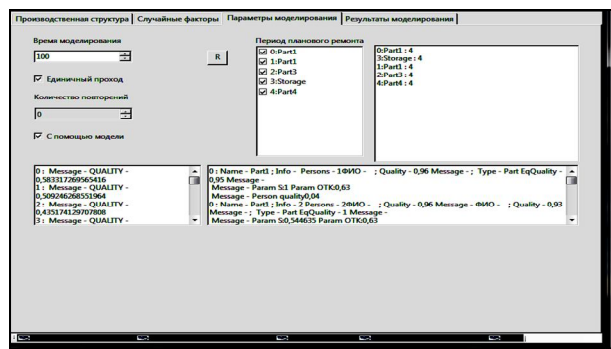


Рис. 7. Ввод параметров моделирования

Вкладка «Результаты моделирования» открывается автоматически после расчета прогноза (рис. 8 – 11). На ней представлены результаты прогнозирования в графическом виде (графики изменений во времени показателей качества продукции и разброса вычисленных показателей качества). Также здесь представлены рекомендации по улучшению показателя качества (рис. 12).

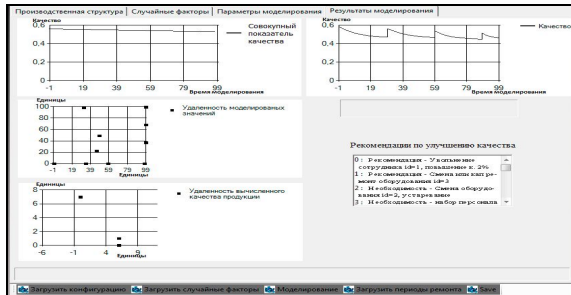


Рис. 8. Форма результатов прогнозирования

На рис. 9 представлено изменение показателя качества продукции в период между плановыми ремонтами оборудования, при условии, что производится только плановый ремонт оборудования и отсутствует текучесть кадров.

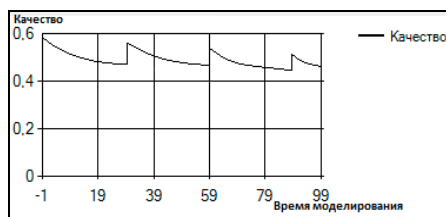


Рис. 9. Изменение показателя качества

Обобщая данный показатель можно получить динамику изменения среднего показателя качества продукции (рис. 10).

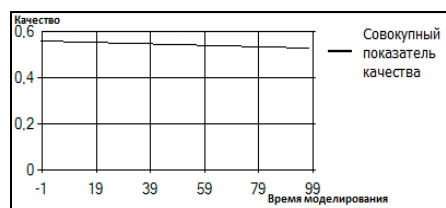


Рис. 10. Динамика изменения показателя качества

Подсистема позволяет обнаружить наборы параметров с близкими друг к другу показателями качества осуществляя анализ данных полученных в ходе моделирования (рис. 11). Такие наборы формируют контрольные группы, по которым производится составление рекомендаций, путем нахождения условий с наибольшим количеством брака. Под удаленностью смоделированных значений понимается разделение на группы показателей качества, вычисленных в ходе моделирования, а под удаленностью вычисленного качества – разделение на группы

среднего показателя качества продукции.

Используя данные анализа результатов моделирования (разбиение вычисленных параметров на группы) подсистема генерирует рекомендации по улучшению относительного показателя качества продукции (рис. 12). Рекомендация составляется автоматически, исходя из статистики, накопленной в ходе моделирования и соотнесения ее с группами, полученными в результате анализа прогноза. Окно «Рекомендация» появляется при неоднократном возникновении события, приводящего к браку, например, в случае превышения допустимого процента брака на участке производства выдается «Необходимость», которая символизирует проблемное место в производстве.

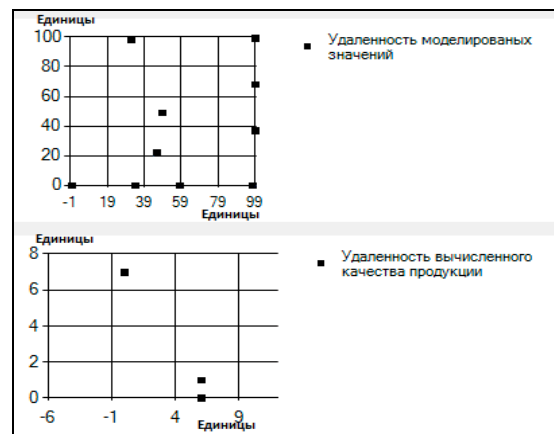


Рис 11. Результаты анализа данных прогноза

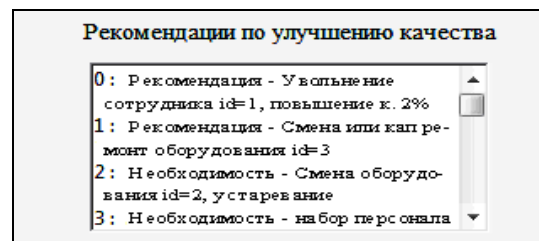


Рис. 12. Рекомендации по улучшению качества продукции

Заключение

В данной статье описывается подсистема прогнозирования качества приборостроительной продукции на основе математического аппарата [1], основные функции которой, представлены в виде UML моделей, что позволило сократить время создания и учесть возможные изменения подсистемы.

Подсистема позволяет прогнозировать качество приборостроительной продукции и генерировать рекомендации по его улучшению, что позволяет использовать ее в качестве системы поддержки принятия решений. Применение метода комплексного прогнозирования качества в сочетании с имитационным моделированием позволяет наиболее полно раскрыть влияние отдельных факторов и производственных элементов на показатель качества продукции.

Литература

1. Леценко, А.Б. Разработка метода прогнозирования качества приборостроительной продукции [Текст] / А.Б. Леценко, Д.А. Селютин, Ю.А. Леценко // Радиоэлектронные и компьютерные системы. – 2011. – № 2 (50). – С. 64 – 69.
2. Краткий обзор некоторых статистических пакетов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.quality-life.ru/metodologiya01.php#03>. – 30.11.2011 г.
3. Разработка программных проектов на основе Rational Unified Process (RUP) [Текст] / Г. Поллис, Л. Огастин, К. Лоу, Д. Мадхар. – К.: Бином-Пресс, 2009. – 256 с.
4. UML и Rational Rose [Текст] / У. Боггс, М. Боггс. – М.: Лори, 2008. – 600 с.
5. Киммел, П. UML. Основы визуального анализа и проектирования [Текст] / П. Киммел. – СПб.: ИТ Пресс, 2008. – 272 с.
6. Юркевич, Е.В. Введение в теорию информационных систем [Текст] / Е.В. Юркевич. – М.: Группа ИДТ, 2007. – 272 с.
7. Ульянов, М.В. Ресурсно-эффективные компьютерные алгоритмы. Разработка и анализ [Текст] / М.В. Ульянов. – СПб.: Бином, 2008. – 304 с.
8. Филиппов, В.А. Информационные взаимодействия и Web-сервисы [Текст] / В.А. Филиппов. – СПб.: Ленанд, 2009. – 144 с.
9. Шелухин, О.И. Моделирование информационных систем [Текст] / О.И. Шелухин, А.М. Тенякшев, А.В. Осин. – М.: Радиотехника, 2005. – 368 с.
10. Грекул, В.И. Проектирование информационных систем [Текст] / В.И. Грекул, Г.Н. Денищенко, Н.Л. Коровкина. – СПб.: Бином. Лаборатория знаний, 2008. – 304 с.
11. Мецераков, С. В. Эффективные технологии создания информационных систем [Текст] / С.В. Мецераков, В.М. Иванов. – СПб.: Политехника, 2005. – 312 с.
12. Леоненков, А.В. Объектно-ориентированный анализ и проектирование с использованием UML и IBM Rational Rose [Текст] / А.В. Леоненков. – М.: Интернет-университет информационных технологий, Бином. Лаборатор, 2006. – 320 с.
13. Стратегия управления конфигурацией программного обеспечения IBM Rational ClearCase [Текст] / Д. Белладжжо, Т. Миллиган. – М.: ДМК Пресс, 2008. – 384 с.

Поступила в редакцию 31.01.2012

Рецензент: д-р техн. наук, проф., зав. каф. информационных управляющих систем О.Е. Федорович, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков

РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ПРОДУКТУ ПРОГНОЗУВАННЯ ЯКОСТІ ПРИБАДОБУДІВНОЇ ПРОДУКЦІЇ

О.Б. Леценко, Д.А. Селютин, Ю.О. Леценко, Н.В. Кузнецова

Пропонується підсистема прогнозування для реалізації комплексного підходу до прогнозування якості. Використовується метод комплексного прогнозування якості продукції заснований на імітаційному моделюванні якості продукції модифікований імовірнісним методом. Для аналізу результатів прогнозування застосовуються методи кластерного аналізу з автоматичною побудовою правил. В рамках розробки підсистеми розроблені UML моделі і модулі для реалізації основних функцій аналізу вихідних даних і обчислення якості виробничих елементів.

Ключові слова: підсистема, прогнозування якості, UML моделі, оцінка якості, управління виробництвом, клієнт-серверна архітектура.

DEVELOPMENT SOFTWARE QUALITY PREDICTION INSTRUMENT PRODUCTS

A.B. Leshchenko, D.A. Selyutin, Ju.A. Leshchenko, N.V. Kuznetsova

It is proposed to predict the subsystem of the comprehensive approach to forecasting quality. The method used integrated forecasting product quality based on simulation quality modified probabilistic method. To analyze the results of forecasting methods are used cluster analysis to the automatic construction of rules. As part of the development of subsystems developed UML models and modules for the realization of the main functions of analyzing the original data and the calculation of quality production elements.

Keywords: subsystem, forecasting quality, UML models, quality assurance, production management, client-server architecture.

Леценко Александр Борисович – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры информационных управляющих систем, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.

Селютин Денис Анатольевич – магистрант кафедры информационных управляющих систем, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.

Леценко Юлия Александровна – инженер каф. информационных управляющих систем, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.

Кузнецова Наталья Владимировна – канд. техн. наук, доцент каф. химии, экологии и экспертных технологий, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина.