

# СТРУКТУРА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СЛОЖНЫХ ОБСЛУЖИВАЮЩИХ СИСТЕМ СО СТОХАСТИЧЕСКИМИ ПАРАМЕТРАМИ

## THE STRUCTURE OF THE SOFTWARE COMPLEX TO OPTIMIZE THE FUNCTIONING OF COMPLEX SERVICE SYSTEMS WITH STOCHASTIC PARAMETERS

*S. Oleinikova  
O. Kravets*

### Annotation

The article deals with the specifics of the system, designed to serve the applications received at random times. The application is a set of mutually-dependent work with a random duration of service. Given the nature of the subject area the requirement specifications were formulated. On this basis, the structure of software was obtained and the main subsystems, their goals and routines were described.

**Keywords:** software complex, requirement specifications, structure.

*Олейникова Светлана Александровна  
К.т.н., доцент, ФГБОУ ВО  
"Воронежский государственный  
технический университет"  
Кравец Олег Яковлевич  
Д.т.н., профессор, ФГБОУ ВО  
"Воронежский государственный  
технический университет"*

### Аннотация

В статье рассматривается специфика функционирования системы, предназначенной для обслуживания заявок, поступающих в случайные моменты времени. Заявка представляет собой совокупность взаимно-зависимых работ со случайной длительностью обслуживания. С учетом особенностей предметной области были выдвинуты требования к программному обеспечению. На их основе получена структура программного комплекса, а также описаны основные подсистемы, их цели и подпрограммы.

### Ключевые слова:

Программный комплекс, требования к программному обеспечению, структура.

## ВВЕДЕНИЕ

Современный этап развития вычислительной техники и информационных технологий характеризуется разработкой приложений, которые не просто качественно решают свою основную задачу, но и учитывают самые разнообразные пожелания заказчиков. Наличие достаточно серьезной конкуренции на рынке программного обеспечения требует от разрабатываемых программ дополнительных возможностей, позволяющих быть конкурентоспособными среди существующих аналогов. В связи с этим, разработка структуры программных комплексов, ориентированных на решение трудоемких прикладных задач, обладающих высоким уровнем сервиса и позволяющих учесть все требования заказчиков, является сложной и практически значимой задачей.

Данная работа посвящена разработке структуры программного комплекса, предназначенного для оптимизации функционирования сложных обслуживающих систем

путем автоматизации решения задач планирования их работы. Как показывает практика, эффективность функционирования таких программ во многом зависит от качества разработанных математических моделей и соответствующих методов решения задачи. Как правило, задачи по оптимизации подобных систем оказываются NP-полными, и, как следствие, требуют разработки эвристических алгоритмов, которые позволяли бы получить решение, близкое к оптимальному, за приемлемое время. Особенностью исследуемой задачи является стохастические параметры заявок (в частности, случайное время обслуживание). В связи с этим, особое внимание при разработке программного комплекса уделяется механизмам, позволяющим оценить риски, связанные со случайными факторами, а также смоделировать процесс обслуживания для возможности получения статистических данных по выполнению проекта.

В результате предложена структура приложения для оптимизации сложных обслуживающих систем со стоха-

стическими параметрами, учитывающая все особенности задачи и обладающая универсальностью, что обеспечивает возможность применения программы в различных предметных областях.

### 1. Постановка задачи и выявление требований к программному обеспечению

Рассматривается работа сложной обслуживающей системы, на вход которой поступает поток заявок, требующих выполнения множества взаимно-зависимых работ со случайной длительностью обслуживания. Целью является разработка программного обеспечения для оптимизации функционирования такой системы путем формирования план-графика обслуживания заявки и возможности оценки и управления рисками, связанными с ее несвоевременным обслуживанием.

*Для достижения этой цели программный комплекс должен выполнять следующие функции:*

- ◆ уметь оценить длительность отдельных работ, а также время обслуживания заявки в целом;
- ◆ уметь разработать план-график по обслуживанию заявки с учетом полученных оценок, временных требований и имеющихся ресурсов;
- ◆ уметь оценить риски несвоевременного обслуживания заявки;
- ◆ обеспечить хранение данных о работах, ресурсах, специалистах и составленном расписании обслуживания заявок, поступивших ранее, в базе данных с целью доступа к ним во время формирования план-графика для новой заявки;
- ◆ обладать универсальной структурой, позволяющей использовать приложение для различных обслуживаемых систем, минимизируя изменения, связанные с использованием программы в данной области применения;
- ◆ быть расширяемым и модифицируемым, чтобы иметь возможность корректировать не только содержание, но и структуру базы данных при появлении новых обслуживаемых особенностей системы (добавлении новых видов обслуживания, специалистов, оборудования и т.д.).

*Исходя из этих функций, сформулируем требования, предъявляемые к разрабатываемому приложению:*

- ◆ наличие аппарата, позволяющего осуществлять оценку длительностей отдельных работ, а также времени обслуживания заявки в целом с минимальной погрешностью;
- ◆ наличие механизмов, обеспечивающих формирование план-графика по обслуживанию заявки с точки зрения заданного критерия и позволяющих учесть ее специфику и минимизировать риски, связанные с откло-

нением фактического расписания от запланированного;

- ◆ наличие аппарата, позволяющего производить оценку рисков, связанных с несвоевременным обслуживанием заявки и предоставляющего пользователю возможность количественной оценки вероятности выполнения проекта в выбранные им сроки;
- ◆ база данных, обеспечивающая хранение всех необходимых данных с целью доступа к ним во время формирования план-графика и отличающаяся универсальной структурой, позволяющей с минимальной адаптацией использовать ее для различных областей планирования, а также механизмы, обеспечивающие взаимодействие приложения с этой базой;
- ◆ универсальная структура, позволяющая использовать программу для различных обслуживаемых систем с минимальными корректировками, вызванными особенностями данной предметной области;
- ◆ программные инструменты, позволяющие пользователям осуществлять настройку системы, выбор критерия оптимизации план-графика, а также корректировку не только содержания, но и структуры базы данных.

### 2. Анализ существующих программных средств для решения поставленной задачи

Исследуемая задача относится к классу задач управления проектами. В настоящее время на программном рынке существует ряд программных средств, специализирующихся в данной области. К наиболее распространенным из них относится продукт Microsoft Project, выпускающий несколько версий (Microsoft Project Standard для небольших проектов, Microsoft Project Professional – корпоративная версия продукта, поддерживающая совместное управление проектами и ресурсами, Web-интерфейс Microsoft Project Web Access, Microsoft Project Portfolio Server). Приложение PprojectLibre, а также ее предшественник OpenProj, являются кроссплатформенными программами, которые позиционируются как открытая замена Microsoft Project. BaseCamp – это онлайн инструмент для управления проектами в небольших компаниях, состоящих из нескольких человек. GanntProject – одно из приложений для задач управления проектами, несомненным преимуществом которого является распространение на условиях GNU General Public License, Единственный известный программный продукт в данной серии, разработанный отечественными производителями и учитывающий специфику потребностей и особенностей российского рынка – это Spider project. Кроме продуктов общего назначения, существуют программы по управлению проектами в определенных отраслях (в частности, в строительстве и т.д.). К ним относятся

Особенности решения задач управления проектами с помощью вышеперечисленных приложений были проанализированы в [2–6]. Проанализируем их с точки зре-

ния предъявляемых требований. В качестве общего недостатка для решения поставленной задачи можно выделить использование ими критерия скорейшего завершения проектов. Другим недостатком является либо полное отсутствие возможности, позволяющей анализировать риск несвоевременного завершения проекта, либо недостаточную с точки зрения предъявляемых требований функциональность соответствующего аппарата. В частности, практически у всех вышеперечисленных программных средств отсутствует возможность визуального представления плотности распределения случайной величины, описывающей длительность проекта, с набором инструментов, позволяющих с помощью мыши и/или клавиатуры изменять интересующий временной интервал и получать оперативный результат, показывающий вероятность завершения проекта в заданный период, а также решать обратную задачу. Кроме того, у большинства продуктов отсутствует возможность модификации, позволяющей разрабатывать приложения и вести базу данных для конкретной обслуживающей или производственной системы, учитывать составленное ранее расписание и т.д.

Исходя из данного анализа, можно сделать вывод о необходимости разработки собственного программного продукта, учитывающего все вышеперечисленные требования.

### 3. Структура программного комплекса

Исходя из сформулированных ранее требований к программному обеспечению, разработаем структуру программного комплекса. Основной его задачей является решение оптимизационной задачи по формированию план-графика. Эта задача приведена в [7]. В силу случайной длительности выполнения отдельных операций ключевую роль будет играть оценка как параметров отдельных работ, так и проекта в целом, а также оценка риска несвоевременного завершения обслуживания заявки. Для обеспечения возможности пользователю получить статистику об обслуживании заявки с заданными параметрами, целесообразно использовать специализированную систему имитационного моделирования, позволяющую симулировать процесс выполнения всех работ. Поскольку система будет оперировать с большим объемом однотипных данных (множеством выполняемых операций, ресурсов и т.п.), все сведения должны храниться в базе данных. С учетом этого, потребуется система работы с базой данных, основным назначением которой будет являться возможность импорта данных из базы с последующим преобразованием к виду, необходимому для решения оптимизационной задачи, экспорта результатов в базу, а также возможность корректировки не только содержимого базы, но и ее структуры посредством соответствующих SQL-запросов.

Таким образом, выделено четыре основных системы программного комплекса:

- ◆ система оптимизации и планирования;
- ◆ система имитационного моделирования;
- ◆ система оценки стохастических параметров и рисков;
- ◆ система работы с базой данных.

В [8] была подробно рассмотрена структура системы имитационного моделирования, предназначенной для имитации обслуживания сложных заявок с взаимной зависимостью между работами и случайным временем их выполнения. Разработаем структуру других систем.

Система оптимизации и планирования будет содержать три основные подсистемы:

- ◆ подсистему предварительного планирования;
- ◆ подсистему оптимизации;
- ◆ подсистему коррекции расписания.

Рассмотрим каждую из подсистем более подробно. Основным назначением системы предварительного планирования является определение основных характеристик работ для последующего планирования. К этим характеристикам относятся, в первую очередь, раннее и позднее время начала работ, их временной резерв и т.д. Непосредственно формирование план-графика с точки зрения выбранного критерия и имеющихся ограничений будет осуществляться в подсистеме оптимизации. Подпрограммы этой подсистемы будут отвечать за общий прогон модели, планирование на заданном временном интервале, определение и возврат на один из предыдущих интервалов, оценку степени эффективности времени для начала работы и т.д. Целью подсистемы коррекции является возможность внесения изменений в разработанный план-график.

Система оценки стохастических параметров представляет собой совокупность математического и программного обеспечения, позволяющего с минимальной погрешностью оценить случайные величины, описывающие процесс функционирования системы по обслуживанию заявки. К таким величинам в первую очередь относятся длительность выполнения отдельных работ и длительность обслуживания заявки в целом. Эти параметры играют ключевую роль в алгоритмах планирования, в связи с чем возникает необходимость в использовании оценок, позволяющих получить результат с наивысшей точностью. Другим важным назначением системы является предоставление пользователю механизмов, позволяющих максимально точно оценить риски, связанные с возможным несвоевременным обслуживанием заявки (например, с запаздыванием обслуживания). С учетом возможных штрафных санкций, которые могут возникнуть из-за нарушения заявленных ранее сроков оконча-

ния обслуживания, ухудшения репутации обслуживающей системы и т.д., наличие математической модели, численного метода и соответствующего программного обеспечения является важной составляющей для решения поставленной задачи.

Исходя из вышесказанного, система оценки стохастических параметров будет включать в себя три основные подсистемы:

- ◆ подсистему оценки стохастических параметров работ;
- ◆ подсистему оценки длительности проекта;
- ◆ подсистему оценки рисков.

Основным назначением подсистемы оценки стохастических параметров работ является определение ожидаемой длительности работ по ее дополнительным параметрам (наименьшему, наибольшему времени, моде и т.д.). В случае, если известна дисперсия случайной величины, описывающей длительность данной работы, оценка получится более точной. По умолчанию дисперсия считается неизвестной и оценивается шестой частью размаха распределения.

Подсистема оценки длительности проекта предназначена для определения ожидаемого времени, затрачиваемого на выполнение всех его работ. Данная подсистема содержит подпрограммы, позволяющие оценить математическое ожидание и дисперсию случайной величины, описывающей длительность проекта, а также ее параметры в предположении о бета или нормальном ее распределении. По умолчанию предполагается бета-распределение длительности проекта. Это предположение основано на серии экспериментов, описанных в [10]. Однако, в подсистеме предусмотрена возможность оценки длительности нормальным распределением (в случае соответствующей команды от пользователя). Подсистема также содержит описание функций, позволяющих для заданного аргумента с заданными параметрами выдать значение плотности бета или нормального распределения.

Одной из главных подсистем в программном комплексе является подсистема оценки рисков. Целью данной подсистемы является предоставление пользователю инструментов для анализа и количественной оценки рисков несвоевременного завершения проекта и вероятности его окончания в тот или иной период. Подсистема содержит подпрограммы для визуализации закона распределения длительности проекта, функционального определения вероятности попадания в выбранный временной интервал (по умолчанию, на основании бета распределения, или с помощью нормального распределения по команде пользователя), определение ориентировочного завершения проекта по данной вероятности и т.д.

Одной из неотъемлемых составляющих пользовательского программного обеспечения является база данных, содержащая все необходимые для планирования сведения.

В связи с этим, необходима система работы с базой данных, которая включает в себя следующие подсистемы:

- ◆ подсистему ввода и редактирования данных;
- ◆ подсистему преобразования данных;
- ◆ подсистему формирования отчетов.

Как было отмечено в требованиях, разрабатываемая система должна обладать свойством универсальности. Это означает возможность ее применения в любых областях, где возникает необходимость планирования взаимно-зависимых работ со стохастическими параметрами. В связи с этим, может возникнуть необходимость не только для ввода и удаления данных, но и для редактирования структуры базы с учетом специфики конкретной предметной области. Подсистема ввода и редактирования данных содержит ряд подпрограмм, позволяющих на основании SQL-запросов добавлять или удалять таблицы в базу данных, добавлять или удалять поля, а также редактировать непосредственно сами данные.

Решение задачи планирования требует оперирования с данными определенной структуры. В частности, алгоритмы в системе предварительного планирования определяют работу с помощью событий (начального и конечного). Хранение данных в такой форме не совсем удобно пользователю. Для него взаимная зависимость задается с помощью операций предшествования (т.е. указания множества работ, которые непосредственно предшествуют данной работе). Чтобы преобразовать данные из формы, хранящейся в базе к виду, более удобного для работы алгоритмов, используется подсистема преобразования данных.

Целью подсистемы формирования отчетов является возможность получения интересующей пользователя сводной информации (в виде отчетов) по планированию.

Кроме четырех вышеперечисленных систем, программный комплекс содержит подсистемы взаимодействия между АРМ и подсистему настройки. Первая подсистема необходима для работы приложения в условиях географической рассредоточенности отдельных центров обслуживания. Подсистема настройки позволяет выбрать определенные параметры планирования (например, критерий оптимизации), позволяющие сделать работу комплекса более универсальной и применимой для различных областей планирования.

Таким образом, определена структура программного комплекса, которая представлена на рис. 1.

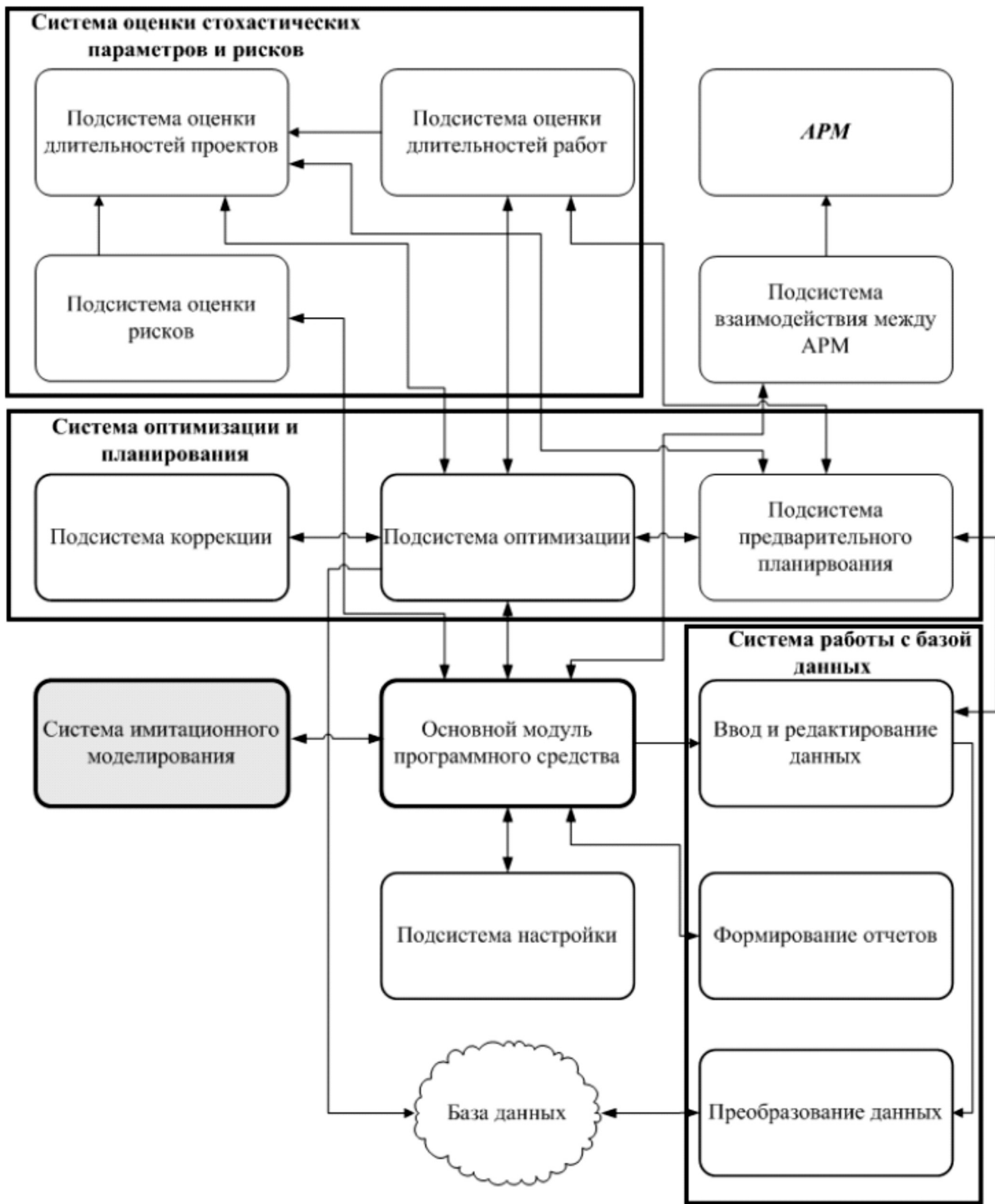


Рисунок 1 - Структура программного комплекса.

## ВЫВОДЫ

1. На основании анализа специфики задачи и возможных областей ее применения, определены требования к программному средству, автоматизирующему процесс ее решения.

2. Анализ существующих программных разработок с точки зрения вышеперечисленных требований обусловил необходимость разработки собственного приложения, позволяющего оптимизировать процесс функционирования сложных систем путем планирования работ и анализа рисков их несвоевременного завершения.

3. Был определен состав программного комплекса и детализированы подсистемы и их основные подпрограммы.

В результате разработана структура программного комплекса, отличающаяся возможностью формирования план-графиков по обслуживанию заявок, оценивания стохастических параметров и рисков несвоевременного завершения, моделирования выполнения проекта с последующим получением статистики о выполнении работ и обеспечивающая взаимодействие соответствующих систем.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Леффингуэлл Д., Уидриг Д. Принципы работы с требованиями к программному обеспечению. Унифицированный подход. : пер. с англ. – М. : Издательский дом "Вильямс". – 2002. – 448 с.
2. Муллинов Д.О., Пронина О.Ю., Баженов Р.И. Управление проектами в среде MS Project // Nauka-Rastudent.ru. – 2015. – № 7(19). – С. 32.
3. Винокуров А.С., Николаев С.В., Баженов Р.И. Реализация метода PERT в программной системе GanntProject // Nauka-Rastudent.ru. – 2015. – № 6(18). – С. 22.
4. Николаев С.В., Винокуров А.С., Баженов Р.И. Управление проектами в программной среде SPIDER PROJECT // Современные научные исследования и инновации. – 2015. – № 7-1 (51). – С. 55-63.
5. Пронина О.Ю., Лагунова А.А., Баженов Р.И. Управление проектами в PROJECTLIBRE // Science Time. – 2015. – № 6 (18). – С. 423 – 428.
6. Лагунова А.А., Муллинов Д.О., Николаев С.В., Баженов Р.И. Управление проектами в среде OpenProj // Science Time. – 2015. – № 8 (20). — С. 100 – 106.
7. Олейникова С. А. Математическая модель и оптимизационная задача составления расписания для мультипроектной системы с временными и ресурсными ограничениями и критерием равномерной загрузки // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2013. – Т9. – № 6-3. – С. 58-61.
8. Олейникова С. А. Структура программного комплекса для реализации одной системы имитационного моделирования // Международна научна школа "Парадигма": сборник научни стати. – Варна. – 2015. – С.177-184.
9. Олейникова С.А., Кравец О.Я. Программный комплекс для планирования работы мультипроектных систем с временными ограничениями на примере составления расписания учебных // Дистанционное и виртуальное обучение. – 2014. – № 02(80). – С. 64-74.
10. Олейникова С. А. Вычислительный эксперимент для анализа закона распределения случайной величины, описывающей длительность проекта в задачах сетевого планирования и управления // Экономика и менеджмент систем управления. – 2013. – № 3(9). – С. 91-97.

© С.А. Олейникова, О.Я. Кравец, (osa@vmail.ru), Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»,



ФГБОУ ВО "Воронежский государственный технический университет"