

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВРЕМЯСБЕРЕГАЮЩЕГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ПОТОКОВ В ЛИНЕЙНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ КОММУНИКАЦИЯХ

О. Ю. Лукомская (Санкт-Петербург)

Введение

Обеспечение бесперебойного и бесконфликтного двустороннего прохождения транспортных средств по внутренним водным путям, как правило, возлагается на судоводителя и диспетчерскую службу. Однако большой объем информации, поступающей на диспетчерский пункт, не позволяет провести ее анализ и обработку в режиме реального времени без автоматизированной системы. Таким образом проблемой в сфере транспорта является автоматизированное регулирование движения потоков транспортных средств, обеспечивающее оптимальное по времени и безопасное функционирование транспортной системы.

Для решения данной проблемы был разработан программный комплекс моделирования движения встречных транспортных потоков в шлюзовых системах судопропуска, позволяющий промоделировать различные варианты диспетчеризации судовых потоков в шлюзовых системах судопропуска и обеспечить выбор наиболее ресурсооптимального и бесконфликтного [1, 2], что в конечном счете обеспечит повышение эксплуатационной пропускной способности системы судопропуска при соблюдении требований безопасности и ресурсосбережения.

Функционально-модельное представление имитационного комплекса

Разрабатываемый программный комплекс в соответствии с обозначенной главной целевой функцией информационно-аналитической и программно-управляющей технологии организации судопропуска в пределах имеющихся возможностей и без существенных материально-финансовых вложений, позволяет решать задачи анализа, обработки и регулирования транспортного процесса.

Проведем декомпозицию вышеперечисленных задач.

Задача 1. Сбор, формирование и редактирование исходных данных.

Задача 2. Расчет планируемого транспортного процесса.

Задача 2.1. Формирование планируемого движения судов с предельно допустимыми скоростями.

Задача 3. Регулирование движения в случае возникновения конфликтной ситуации.

Задача 3.1. Определение случайного времени обслуживания судов на каждом шлюзе.

Задача 3.2. Конфликтные ситуации, их описание и решение.

Задача 3.3. Изменение времени движения объектов (регулирование).

Задача 4. Имитация движения макетов судов с разными скоростями.

Задача 4.1. Особенности создания динамического изображения ТП.

Задача 4.2. Задачи имитационного моделирования.

Задача 4.3. Программа визуализации транспортного процесса.

Функциональная схема имитационной времясберегающей модели представлена на рисунке 1.

Была произведена декомпозиция программного комплекса на отдельные модули (рисунок 2) [3]:

Модуль ввода и редактирования исходных данных. Представляет пользователю унифицированный интерфейс для просмотра исходных данных о системе, редактирования и добавления новых записей.

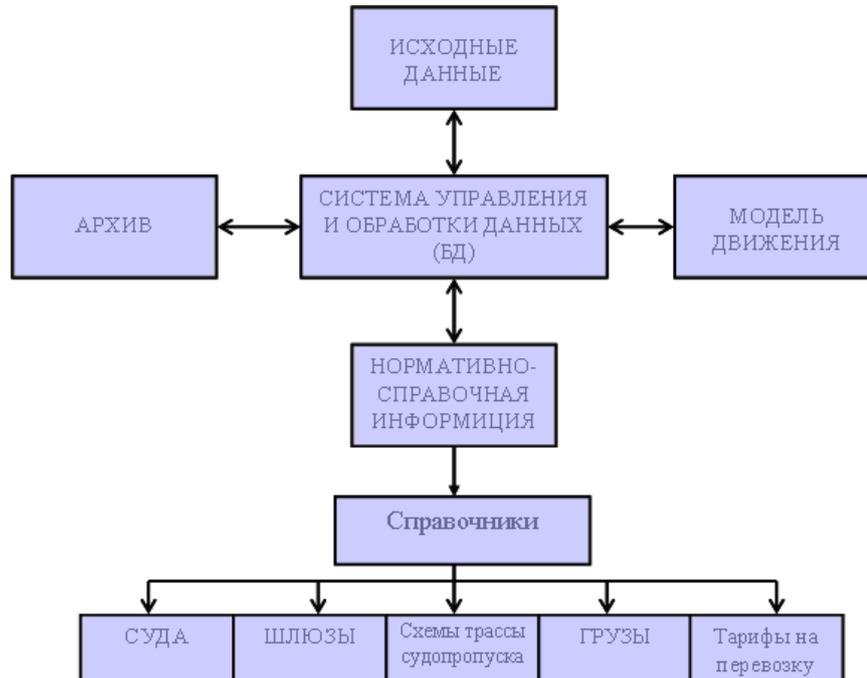


Рисунок 1. Функциональная схема имитационной модели

Модуль отображения расчетных данных. Выводит на экран таблицы и диаграммы с данными, полученными в результате выполнения расчетов.

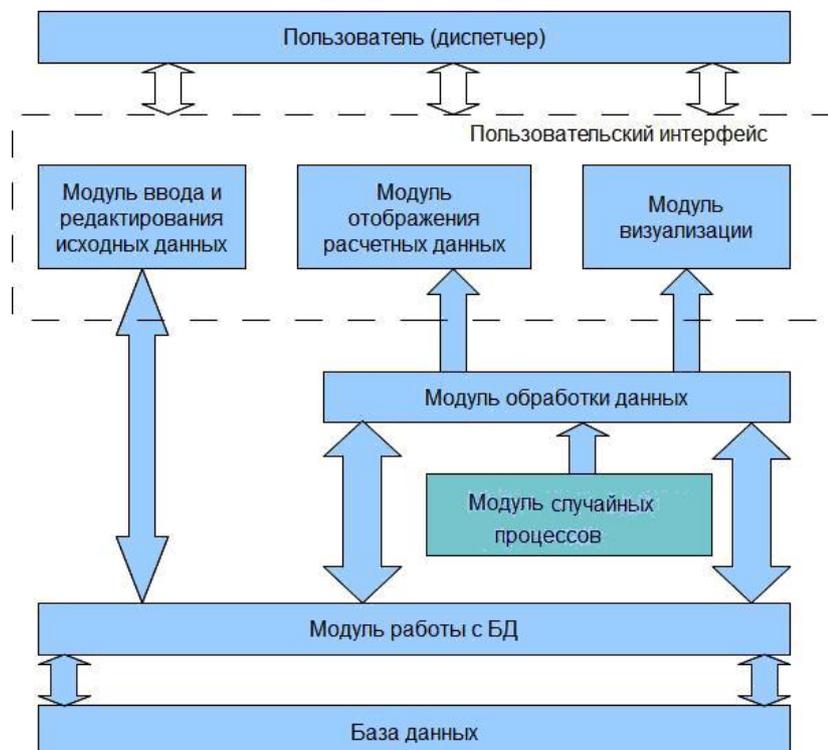


Рисунок 2. Модульное представление программного комплекса

Модуль визуализации. Визуализация процесса движения судов через трассу судопропуска.

Модуль обработки данных – унифицированный интерфейс для доступа к обработчикам данных, с помощью которых производятся расчеты.

Модуль работы с базой данных. Представляет собой унифицированный интерфейс для доступа к данным, хранящимся в СУБД.

Модуль случайных процессов – вспомогательный модуль, генерирующий псевдослучайные последовательности, используемые для формирования матрицы временных отклонений от планируемых времен шлюзования.

Структурирование знаний об объекте моделирования

Объектом моделирования является трасса судопропуска. В данной работе в качестве трасс судопропуска рассматриваются Волго-Донской судоходный канал (ВДСК) и Волго-Балтийский судоходный канал (ВБСК).

Объектами управления являются суда, а параметром управления – время движения судов между узлами.

В основе модели лежит кусочно-линейная временная аппроксимация функции $y(t)$, описывающей гладкую кривую трассы движения, шаг аппроксимации которой примем среднестатистическое время шлюзования (обслуживания) судов:

Трасса ВДСК как объект моделирования характеризуется технико-метрическими параметрами: общей длиной трассы 101 км; количеством шлюзов (узлов обслуживания УО 13); расстоянием между УО (км) (табл. 1); значениями допустимых скоростей движения судов на отдельных участках (км/ч) (табл. 1); среднестатистическим временем шлюзования 30 минут; интенсивностью движения; пропускной способностью системы = 28 судов/сутки [1, 2].

Таблица 1

Входные параметры трассы ВДСК (фрагмент).

Название узла	Время шлюзования/шаг дискретизации	Расстояние до следующего шлюза, км	Скорость движения на данном участке, км/ч	Время движения, мин
301		1,20	2,40	0:30
1	0:30	1,40	2,80	0:30
2	0:30	1,70	3,40	0:30
3	0:30	8,00	8,00	1:00
4	0:30	2,10	4,20	0:30
5	0:30	2,80	5,60	0:30
6	0:30	1,50	3,00	0:30
7	0:30	1,20	2,40	0:30
8	0:30	1,20	2,40	0:30
9	0:30	8,00	8,00	1:00
9а		18,00	12,00	1:30

В диспетчерскую службу канала поступают заявки на прохождение трассы судопропуска. По ним составляется предварительное расписание движения судов, которое причислено к входным данным объекта моделирования. Пример расписания входа судов в ВДСК (с коррекцией) приведен в таблице 2.

Аналогично была аппроксимирована трасса ВБСК, длина которой составляет 848 км, а среднестатистическое время шлюзования 45 минут.

Таблица 2

Время начала движения судов по ВДСК (фрагмент).

№ судна	Направление	Время		Дата
		заданное	рабочее	
В-Нефть-151	13	0:00	0:00	10.07.2004
т/х Шишкин	1	0:15	0:30	10.07.2004
В-Нефть-149	13	1:40	2:00	10.07.2004
Ст. Ногатино	1	3:15	3:30	10.07.2004
В-Нефть-251	13	3:30	3:30	10.07.2004
т/х Ражев	1	4:40	4:30	10.07.2004
В-Нефть-250	13	4:50	5:00	10.07.2004
В-Нефть-260	13	5:50	6:00	10.07.2004
Рудовоз-49	1	6:15	6:30	10.07.2004
Рудовоз-18	13	7:00	7:00	10.07.2004

На рисунках 3–7 приведены результаты моделирования транспортного процесса на ВДСК в среде Qt на C++.

Заключение

Оценить эффективность компьютерной имитационной модели транспортного процесса можно по нескольким критериям.

1. Ядром данного программного комплекса является *алгоритмическая модель* согласованного движения судов, в основе которой лежит кусочно-линейная временная аппроксимация трассы судопропуска, а также пропорциональный и логический законы регулирования. Модель позволяет серьезно упростить алгоритмы планирования и регулирования.

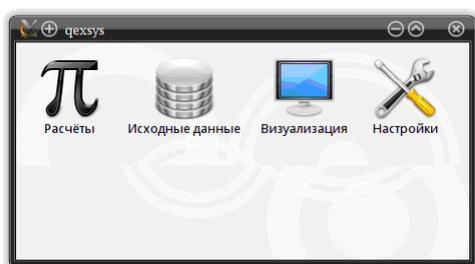


Рисунок 3. Вид главного меню

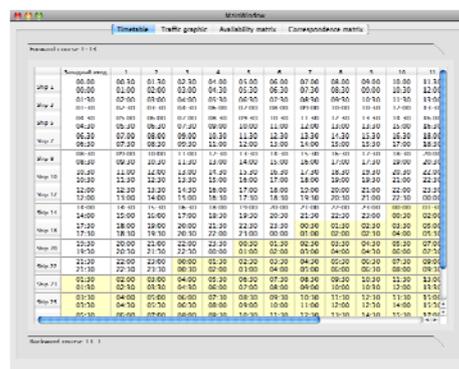


Рисунок 4. Формирование расписания

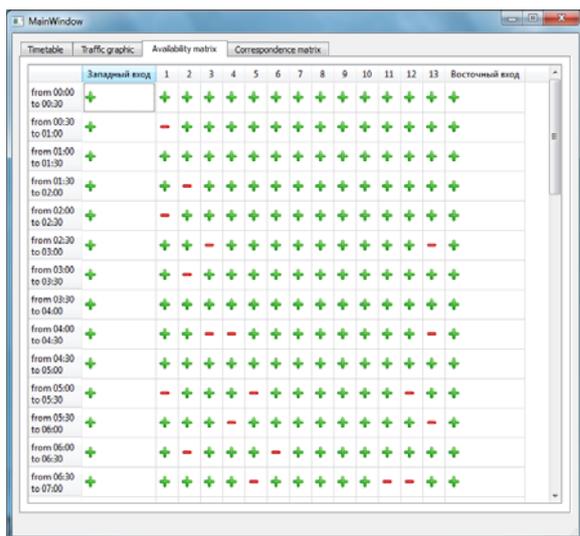


Рисунок 5. Матрица свободы шлюзов

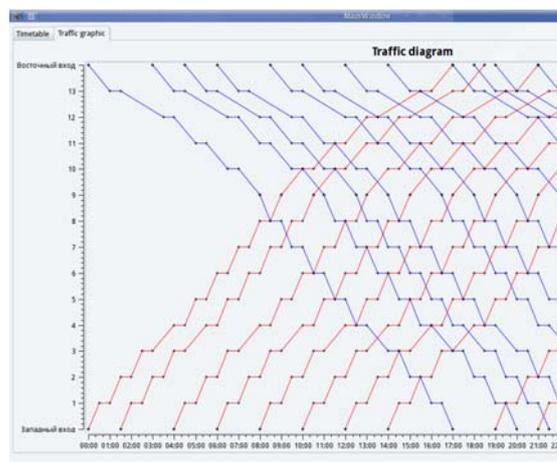


Рисунок 6. Фрагмент графика планируемого движения судов

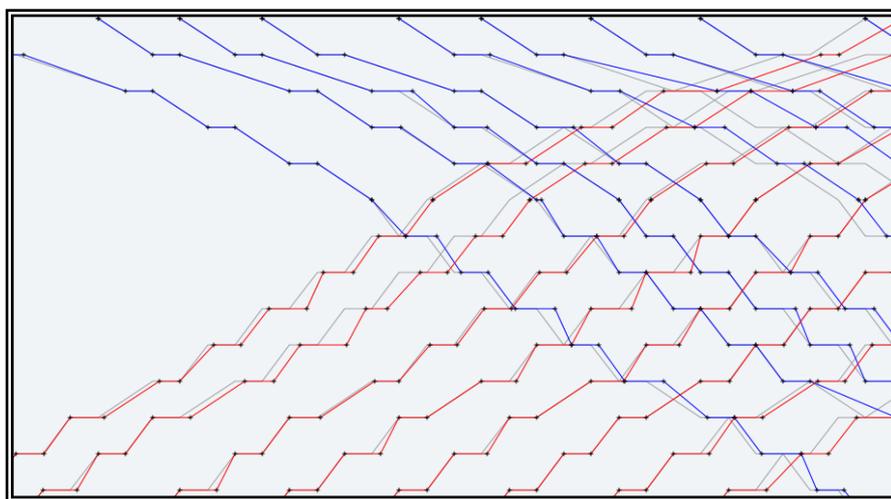


Рисунок 7. Фрагмент графика исполненного движения судов с учетом регулирования

2. *Архитектура* программного комплекса, благодаря использованию шаблонов проектирования, позволяет легко расширять функциональные возможности и таким образом решать различные задачи эффективного управления движением транспортных потоков.

3. В качестве основного фреймворка для разработки программного комплекса была выбрана библиотека Qt, что позволило сделать комплекс по-настоящему переносимым: простой перекомпиляцией из исходных кодов возможно создать версии программного комплекса для таких систем, как Windows, Mac Os X, Linux, различные системы семейства Unix, QNX, Symbian и тд. Также легко комплекс переносится и на различные аппаратные платформы, такие, как x86, amd64(x86-64), arm, mips, sparc, sparc64 и др.

4. Использование *реляционной СУБД* позволило сосредоточить всю информацию в единой базе данных, а также полностью автоматизировать ведение информационной истории трассы судопропуска с целью последующего статистического анализа. Значительное влияние на эффективность работы имитационного комплекса оказывают зало-

женные в нем структуры данных и знаний. Показано, что для построения базы данных оперативной информации целесообразно использовать реляционную модель.

5. Данный комплекс не зависит ни от каких дополнительных сред исполнения (например, LabView), а весь набор дополнительных библиотек можно поставлять прямо вместе с исполняемым файлом.

Разрабатываемая имитационная модель автоматизированной системы прогнозирования и регулирования транспортного процесса на внутренних водных путях позволяет диспетчеру в удобной форме анализировать различные варианты стратегий формирования транспортных потоков и выбора наиболее рационального.

Литература

1. **Белый О.В.** Проблемы формирования и организации транспортных потоков. Монография. – СПб: «Элмор». 2010. 120 с.
2. **Трифанов В.Н.** Инвариантный статистический анализ и управление в транспортных системах. Монография. – СПб: «Элмор». 2003. 192 с.
3. **Сидоров А.С.** Программный комплекс моделирования движения транспортных потоков. Труды Всероссийской научно-практической конференции «Транспорт России: Проблемы и перспективы–2010»//– СПб.: ООО «Ю-Питер». 2010. С. 229–231.