

**ИМИТАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ЛОЦМАНСКОЙ
ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ МОРСКОГО ПОРТА**

Я.А. Яковлева, И.О. Бондарева, А.А. Ханова (Астрахань)

В соответствии с Транспортной стратегией Российской Федерации на период до 2030 года [1] приоритетной целью развития морских портов является - повышение конкурентоспособности при безусловном обеспечении безопасности мореплавания. Процесс лоцманской проводки отличает сложность условий плавания, неопределенность, стохастичность характеристик процесса с большим количеством данных и отношений, которые связаны с навигационными обстоятельствами. В таких условиях плавания, во время управления судном, капитану необходима дополнительная лоцманская информационная поддержка для принятия решений, адекватных навигационной ситуации [2].

Системное изучение процесса движения при лоцманской проводке в каналах и фарватерах, установление причин аварийных происшествий, формирование предпосылок повышения спроса на услугу лоцманской проводки требуют использования технологий моделирования для имитации навигационной ситуации. Оценивать услугу лоцманской проводки, в том числе и по результатам имитационного моделирования, можно по совокупности следующих показателей: лоцманский сбор по каждой осуществленной проводке судна, сбор на перевозку лоцмана, издержки, приходящиеся на содержание сотрудников, обслуживание транспорта, который осуществляет перевозку лоцмана, загруженность ключевых ресурсов и.д. Следует учитывать, что пакеты имитационного моделирования имеют некоторые средства для сбора и представления статистики, в том числе и в виде показателей моделируемых процессов, однако они могут эффективно использоваться только для анимации в процессе прогона модели [3].

Становится актуальной разработка имитационно-аналитической системы (ИАС) лоцманской информационной поддержки, позволяющей производить расчет итоговых показателей моделирования на основе данных прогонов имитационной модели с помощью специализированного средства обработки и интеллектуального анализа данных. Использование ИАС позволит повысить эффективность управления технологическими процессами порта, оптимизировать пути лоцманской проводки, оценить функционирование морского порта в разрезе лоцманских услуг на основе использования комплекса показателей.

Структура имитационно-аналитической системы

Определим семантические подсистемы ИАС лоцманской информационной поддержки (Рис. 1):

Подсистема «Организационное управление» включает совокупность внешних сущностей, с которыми взаимодействует ИАС: корпоративная информационная система (КИС) морского порта, лоцман и аналитик. От внешних сущностей система получает данные по лоцманским проводкам предыдущих периодов, информацию о ресурсах морского порта, которые определяют параметры имитационной модели, состав показателей лоцманских проводок и др. В результате работы ИАС передает аналитику на уровень организационного управления отчеты модуля «Имитационного моделирования», полученные по результатам прогонов имитационной модели (ИМ) и отчеты модуля «Анализ данных», полученные в результате обработки исторических данных КИС и на основе анализа статистических данных после прогонов ИМ.

Секция 3. Практическое применение моделирования и инструментальных средств автоматизации моделирования, принятие решений по результатам моделирования

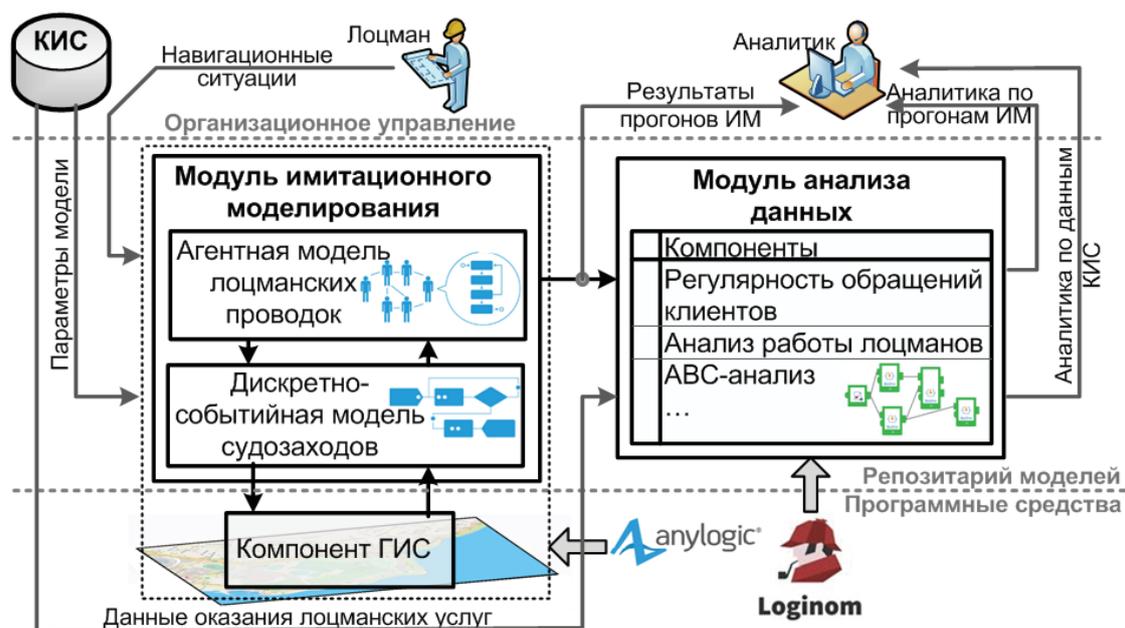


Рис. 1. Структура имитационно-аналитической системы

Подсистема «Репозиторий моделей» представляет собой комплексное представление предметной области в виде интегрированных моделей 2-х классов: имитационные и модели интеллектуального анализа данных (ИАД). ИМ ориентирована на учет неопределённостей и случайностей, как внешних условий, так и самой моделируемой системы, дает возможность путем внесения различного рода корректировок оптимизировать маршруты в рамках процесса лоцманской проводки судов [4]. В ИАД отправной точкой являются данные КИС, характеризующие исследуемый объект, и данные прогнозов ИМ в различных навигационных ситуациях. ИАС дает оценку деятельности морского порта в разрезе реализованных в аналитическом модуле компонентов.

Подсистема «Программные средства» характеризует инструментарий ИАС лоцманской информационной поддержки: система многопроходного имитационного моделирования Anylogic для реализации комплекса агентных (АМ), дискретно-событийных моделей (ДСМ), с компонентом на основе геоинформационных систем (ГИС) и аналитическая платформа Loginom [5] для реализации компонентов обработки ИАД.

ИАС (рис. 1) ориентирована на Астраханский филиал ФГУП «Росморпорт» в морских портах «Астрахань» и «Оля». К функциональным требованиям ИАС лоцманской информационной поддержки относятся: регулирование внесенных факторов, осуществление прогонов модели, а также определение общего дохода от лоцманского сбора, дохода порт Астрахань (каботаж); дохода порт Оля (каботаж); дохода порт Астрахань (загранплавание); дохода порт Оля (загранплавание); затрат на зарплату в разрезе лоцманской деятельности; общей длины лоцманской проводки; денежной суммы покрытия затрат на доставку лоцманов; расходов на доставку лоцманов; количества судозаходов; среднего времени обслуживания одной заявки; средней загруженности катеров; средней загруженности автомобилей; средней загруженности лоцманов; общего интегрального показателя; получение отчетности по произведенным показателям.

Модуль имитационного моделирования

Имитационная модель реализована на базе системы многопроходного имитационного моделирования Anylogic с использованием ДСМ и АМ методов. ДСМ предназначена для моделирования процессов судозаходов в морские порты «Астрахань» и «Оля», передвижения судов в районах обязательной лоцманской проводки, приема и высадки лоцмана на борт судна (рис. 2).

Секция 3. Практическое применение моделирования и инструментальных средств автоматизации моделирования, принятие решений по результатам моделирования

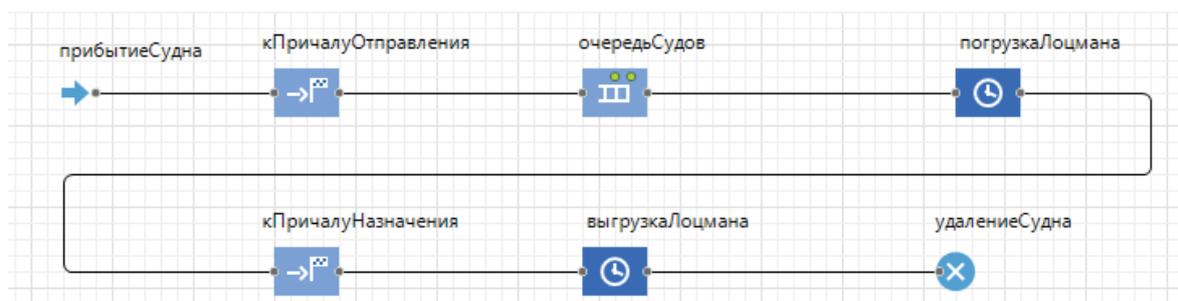


Рис. 2. Дискретно-событийная модель (фрагмент)

Входные данные, представляющие собой информацию о местоположении причалов и якорных стоянок морских портов и контрагентах, считываются из встроенной базы данных AnyLogic, в которую предварительно импортированы таблицы БД из КИС (рис 3).

	наименование_причала	наименование_организации	морской_порт	широта	долгота
1	Причал №1	ООО "Порт "Стрелецкое"	Астрахань	46.453	47.972
2	Причал №2	ОАО "Грузовая компания "Армада"	Астрахань	46.426	47.986
3	Причал №3	ООО ПКФ «Внештрансбункер»	Астрахань	46.397	48.023
4	Причал №4	ПАО «Волгомост» Филиал "Мостоотряд"	Астрахань	46.395	48.025
5	Причал №5	ПАО "Астраханский порт"	Астрахань	46.383	48.024
6	Причал №6	ООО "Астраханский южный порт"	Астрахань	46.375	48.02
7	Причал №7	ООО ПКФ "Волга-порт"	Астрахань	46.366	48.012

Рис. 3. Фрагмент таблицы БД

АМ предназначена для моделирования процессов транспортировки до мест приема и высадки лоцмана и осуществления им проводки судна в акватории морских портов «Астрахань» и «Оля» (рис. 4). Агенты располагаются в пространстве ГИС, (компонент ГИС-Карта из палитры Разметка пространства), которое представляет собой Волго-Каспийский судоходный канал в акватории портов «Астрахань» и «Оля» (рис. 5). При наличии активного доступа к сети Интернет, тайловый слой карты ГИС в AnyLogic загружается автоматически [6].

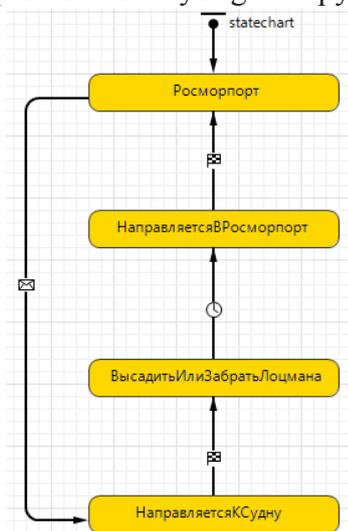


Рис. 4. Агентная модель



Рис. 5. Агенты в пространстве ГИС

Параметры ИМ загружаются из КИС морского порта (количество лоцманов в штате, количество единиц транспорта, скорость ветра, ставки лоцманского сбора и сбора за перевозку лоцмана и пр.). Управляющий модуль предназначен для изменения входных данных перед началом прогона модели и формирования навигационной ситуации [7].

В результате прогонов имитационной модели с учетом входных параметров, различных внешних и внутренних факторов, производится сбор выходных данных экспериментов, запись которых осуществляется во встроенную базу данных AnyLogic. Выходные данные имитационной

Секция 3. Практическое применение моделирования и инструментальных средств автоматизации моделирования, принятие решений по результатам моделирования

модели представлены в виде совокупности показателей процессов лоцманской проводки морского порта в различных навигационных ситуациях, пригодных для последующего анализа и прогнозирования.

Модуль анализа данных

Данные КИС и результаты прогонов ИМ загружаются в аналитический модуль для осуществления полной оценки деятельности порта в разрезе оказания лоцманских услуг. Предлагается использование аналитической платформы Loginom, в которой разработана библиотека компонентов. Каждый компонент представляет собой показатель, работа которого основана на заданном алгоритме. Для интеграции данных с модулем используется ETL-процедура (Extract, Transform, Load), с помощью которой загружается информация о лоцманских проводках [8].

Для всех показателей процесса лоцманской проводки имеется возможность установки значения оценки в переменных компонента. Каждый показатель рассчитывается в разрезе разных данных, что обеспечивает гибкость результатов, полученных в ходе обработки данных аналитическим модулем. К примеру, компонент «АВС», который предназначен для ранжирования клиентской базы по степени важности на основании дохода от лоцманского сбора, позволяет произвести анализ в разрезе «контрагент-судно». Другой компонент «Анализ работы лоцманов» определяет уровень занятости каждого лоцмана за весь расчетный период.

Рассмотрим более подробно работу компонентов аналитического модуля на примере алгоритма работы компонента «Регулярность обращений клиентов», разработанного в аналитической платформе Loginom, при этом под клиентами понимаются все данные в разрезе «контрагент-судно» (рис.6).

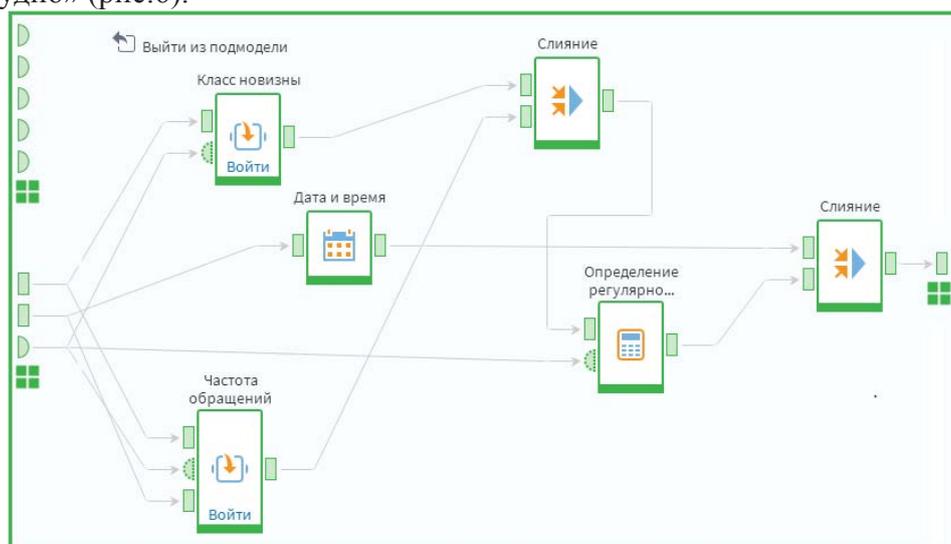


Рис. 6. Архитектура компонента «Регулярность обращений клиентов»

Различаются 4 класса регулярности обращений: новый, постоянный, непостоянный и недействующий. Клиент считается новым, если расстояние между первой заявкой от данного клиента на лоцманскую проводку и последней заявкой по всему набору данных меньше параметра «Граница новизны». Клиент считается постоянным, если расстояние между последней заявкой от данного клиента на лоцманскую проводку и последней заявкой по всему набору данных меньше параметра «Граница продаваемости» и частота обращений по периодам больше параметра «Пороговое значение частоты». Клиент считается непостоянным, если расстояние между последней заявкой от данного клиента на лоцманскую проводку и последней заявкой по всему набору данных меньше параметра «Граница продаваемости» и частота обращений по периодам меньше параметра «Пороговое значение частоты» (рис. 7).

Секция 3. Практическое применение моделирования и инструментальных средств автоматизации моделирования, принятие решений по результатам моделирования

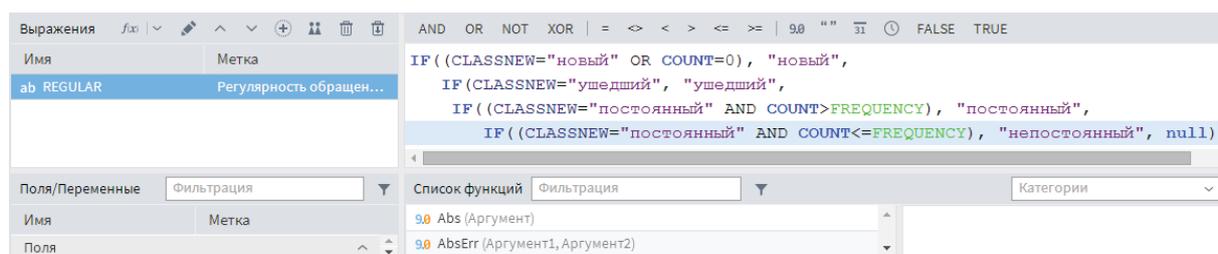


Рис. 7. Определение регулярности обращения клиента

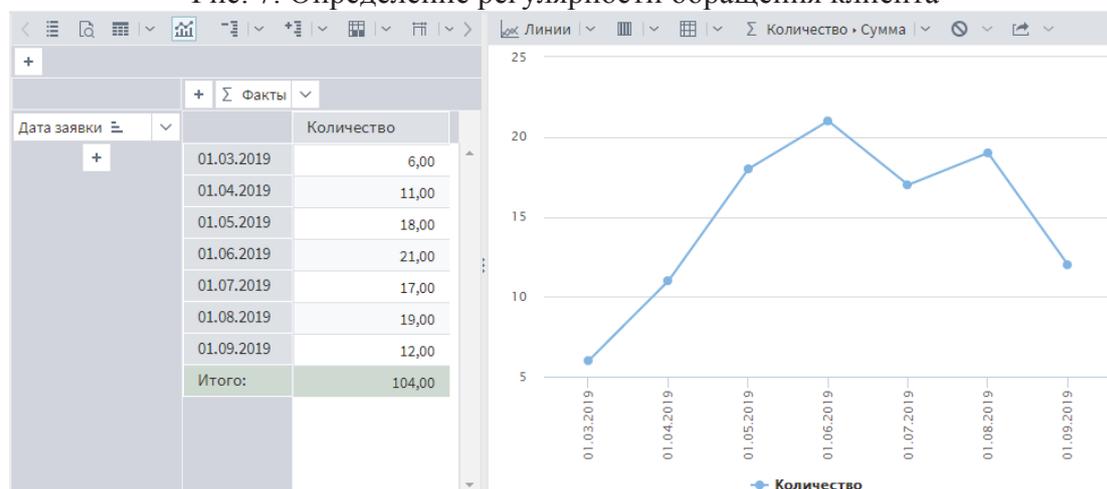


Рис. 8. Визуализация компонента «Регулярность обращений клиентов»

В остальных случаях считается, что клиент недействующий, так как больше не обращается в организацию с целью оказания ему лоцманской услуги. Для визуального представления результатов работы компонента был создан куб (рис. 8).

Закключение

Применение имитационного моделирования позволяет производить прогнозирование ситуаций, связанных с лоцманской деятельностью организации. Интеллектуальный анализ данных обеспечивает детализацию анализа и прогнозирования показателей процесса лоцманской проводки в различных навигационных ситуациях, позволяющих определить, насколько эффективно налажены технологические процессы морского порта. При этом использование ИАС лоцманской информационной поддержки обеспечивает получение наиболее полных, точных и достоверных результатов, на основе которых определяются дальнейшие действия по организации технологического процесса оказания лоцманской услуги порта.

Литература

1. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года // Распоряжения Правительства Российской Федерации от 22 ноября 2008 года №1734-р.
2. Ворохобин И.И. Синтез процессов формирования плана лоцманской проводки судна: дис. ... канд. техн. наук; специальность: 05.22.13 навигация и управление движением / И. И. Ворохобин. Одесса: Одесская национальная морская академия, 2012. 233 с.
3. Малыханов А.А., Черненко В.Е. Интеграция имитационной модели и инструмента обработки данных на примере моделирования сети дистрибуции алкогольной продукции // Имитационное моделирование. Теория и практика (ИММОД-2013): VI Всерос. науч.-практ. конф. по имитационному моделированию и его применению в науке и практике, Казань, 16-18 октября 2013. С. 200–204.
4. Ханова А.А., Бондарева И.О. Ганюкова Н.П., Еременко О.О. Имитационное моделирование бизнес-процессов. // Астраханский государственный технического университет. 2016. 280 с.
5. Делаем продвинутую аналитику массовой. URL: <http://loginom.ru/> (дата обращения: 19.09.2019).

Секция 3. Практическое применение моделирования и инструментальных средств автоматизации моделирования, принятие решений по результатам моделирования

6. Боев В.Д. Работа с ГИС картами в AnyLogic 7.1. URL: <https://www.anylogic.ru/resources/books/> (дата обращения: 19.09.2019).
7. Ханова А.А., Уразалиев Н.С., Усманова З.А. Метод ситуационного управления сложными системами на основе сбалансированной системы показателей // Научный вестник Новосибирского государственного технического университета. 2015. № 3 (60). С. 69-82.2.
8. Паклин Н.Б. Бизнес-аналитика: от данных к знаниям // учебное пособие / Н. Паклин, В. Орешков. Москва [и др.], 2010. (2-е изд., доп. и перераб.).