



**Исследование сведения
задачи календарного планирования
портовых операций к задаче
удовлетворения ограничений**

Киселёв В.А.¹, Чивилихин Д.С.¹, Топаж А.Г.²

¹Национальный исследовательский университет
информационных технологий, механики и оптики;

²ФГУП «Крыловский государственный научный центр»

Взаимодействие имитационного моделирования и оптимизации при анализе морских транспортных систем

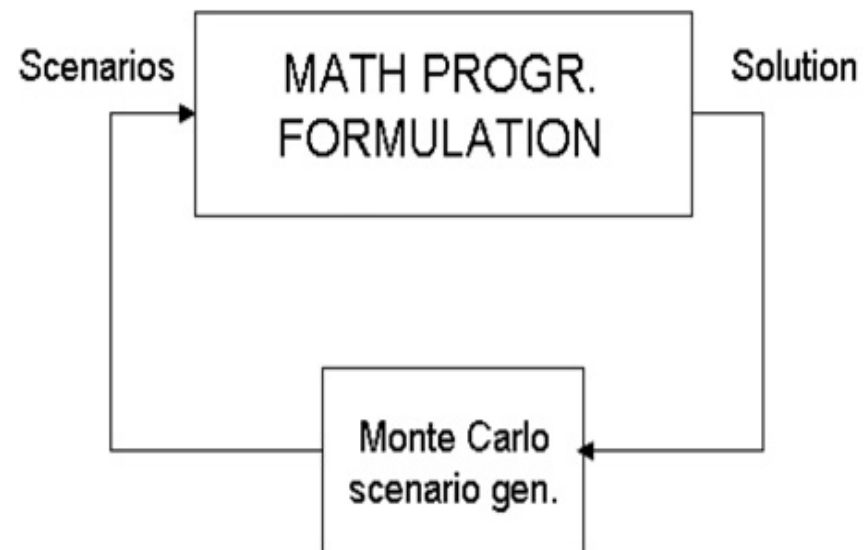
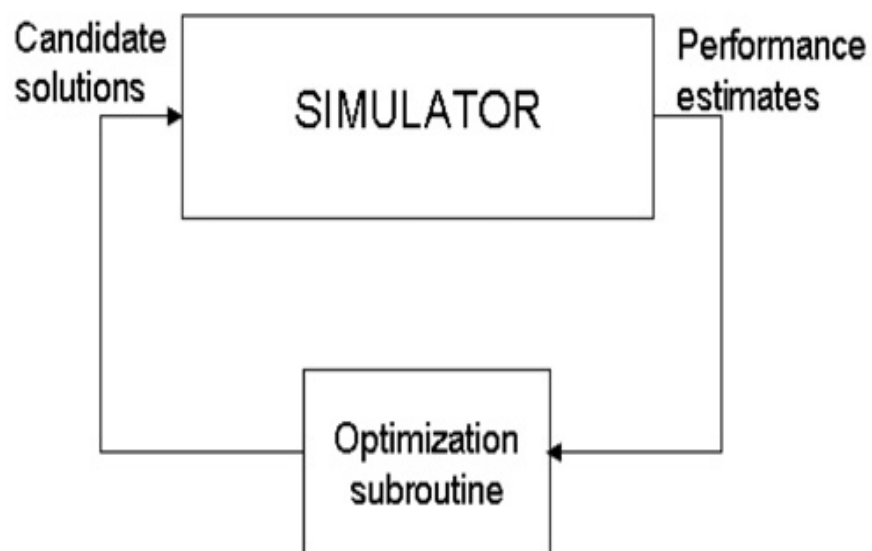


Стратегическое планирование.

Алгебраическая оптимизация структурных параметров изучаемой системы

Оперативное управление.

Решение задач математического программирования со стохастическими сценариями, генерируемыми имитационной моделью



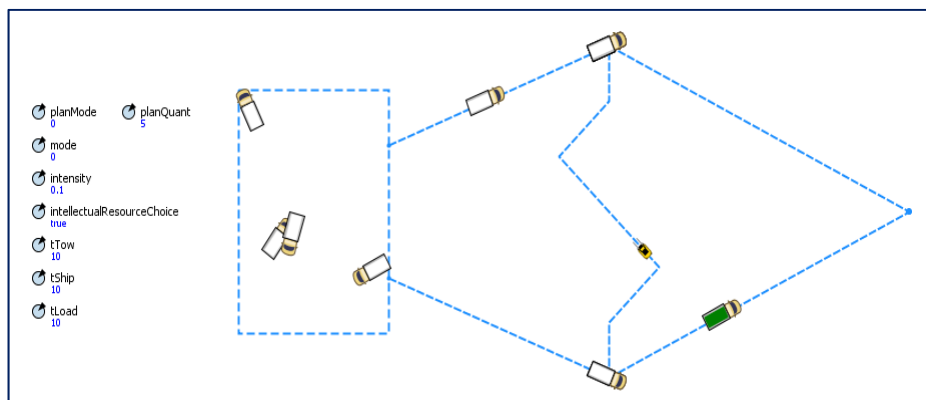
Fu, M.C. 2002 Optimization for simulation: theory vs. practice. INFORMS Journal in Computing 14(3)

Примеры задач оперативного планирования в моделях «стратегического» уровня



Стратегическая модель	Элементы оперативного или тактического плана	Учитываемые факторы
Имитационные модели работы и снабжения нефтедобывающих платформ и нефтеперегрузочных комплексов	Нахождение баланса между обслуживанием транспортных судов основного производственного контура и конкурирующих с ними за причальные места судов снабжения.	Текущие уровни наполненности хранилищ различных грузов и специфичные для судов разных типов «окна погоды»
Модели арктических транспортных морских коридоров	Оптимальная маршрутизация рейсов судов ледового плавания	Существенно нестационарные погодные и ледовые условия
Модели мультимодальных перегрузочных контейнерных терминалов	Оптимальное размещение и штабелирование контейнеров на временных площадках хранения	Количества операций по перемещению и перегрузке контейнеров
Имитационные модели работы порта.	Календарное планирование портовых операций	Ограниченность стационарных и перемещаемых элементов портовой инфраструктуры

Тестовая модель грузообработки. Постановка

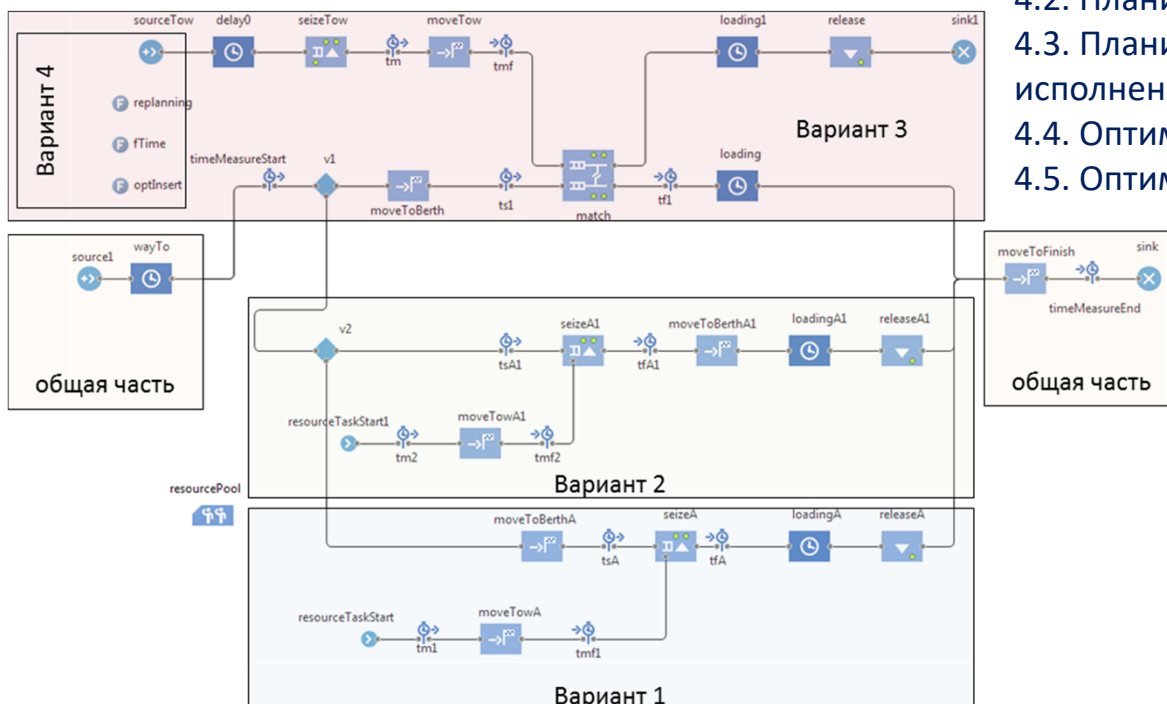


Варианты:

1. Последовательное исполнение пришедших заявок в порядке поступления. Заявка ждет ресурс.
2. Последовательное исполнение пришедших заявок в порядке поступления. Ресурс ждет заявку.
3. Последовательное исполнение пришедших заявок в порядке поступления.

Авансированный запрос ресурса.

- 4.1. Планирование по принципу FIFO (то же, что 3)
- 4.2. Планирование по принципу LIFO
- 4.3. Планирование по принципу случайного порядка исполнения
- 4.4. Оптимальное перепланирование (частота 1)
- 4.5. Оптимальное перепланирование (частота 5)



Тестовая модель грузообработки. Результаты



Вариант конфигурации	Показатели эффективности		
	Процент обслуженных заявок	Среднее время ожидания обслуживания (час)	Максимальное время ожидания обслуживания (час)
1	68.05	1476	3130
2	40.85	2849	5823
3	68.25	1419	3120
4.1	68.25	1419	3120
4.2	27.75	1.3	49
4.3	64.55	1347	8870
4.4	94.46	216	1635
4.5	92.61	376	2405

Оперативное планирование портовых операций. Понятия предметной области



Причалы – места, где производятся операции грузообработки и/или бункеровки судов.

Суда – транспортные суда, осуществляющие перевозку грузов.

Буксиры – движущиеся ресурсы, которые необходимы судам для убыстрения или принципиальной возможности перемещения между причалами или швартовки к причалам.

Бункеровщики – суда, которые могут осуществлять бункеровку (заправку топливом) судна, находящегося с ним в одной и той же точке.

Грузы – произвольные МТЦ нескольких видов, которые перевозятся судами. Одним из видов грузов является судовое топливо (СПГ).

Хранилища – пространства для хранения грузов в порту ограниченного объема.

Средства грузообработки – ограниченный перечень различного движимого и недвижимого оборудования (краны, насосы и т.д.), с помощью которого могут осуществляться операции погрузки-разгрузки. Примером движимого оборудования могут служить перемещаемые между причалами плавучие краны.

Операции:

Перемещение. Судно А перемещается от Причала 1 к Причалу 2 с помощью трех буксиров Б за 25 минут

Швартовка. Судно А швартуется к Причалу 1 с помощью двух буксиров Б за 15 минут

Грузообработка. Судно А у Причала 2 может выгружать Груз 1 в Хранилище 4 с использованием насоса Н с интенсивностью 3000 тонн в час

Оперативное планирование портовых операций. Переменные и ограничения



Шаблоны операций	Горизонт планирования								
	Интервал 0	Интервал 1	Интервал 2	Интервал N-2	Интервал N-1
0. Перемещение Судна1 от Рейда к Причалу1									
1. Перемещение Судна2 от Рейда к Причалу1									
2. Перемещение Судна1 от Причала1 к Рейду									
3. Перемещение Судна2 от Причала1 к Рейду									
4. Перемещение Буксира1 от Рейда к Причалу1									
5. Перемещение Буксира1 от Причала1 к Рейду									
...									
N-4. Разгрузка Нефти из Судна1 на Причале1 в Хранилище1									
N-3. Погрузка Нефтью Судна1 на Причале1 из Хранилища1									
N-2. Разгрузка Нефти из Судна2 на Причале1 в Хранилище1									
N-1. Погрузка Нефтью Судна2 на Причале1 из Хранилища1									

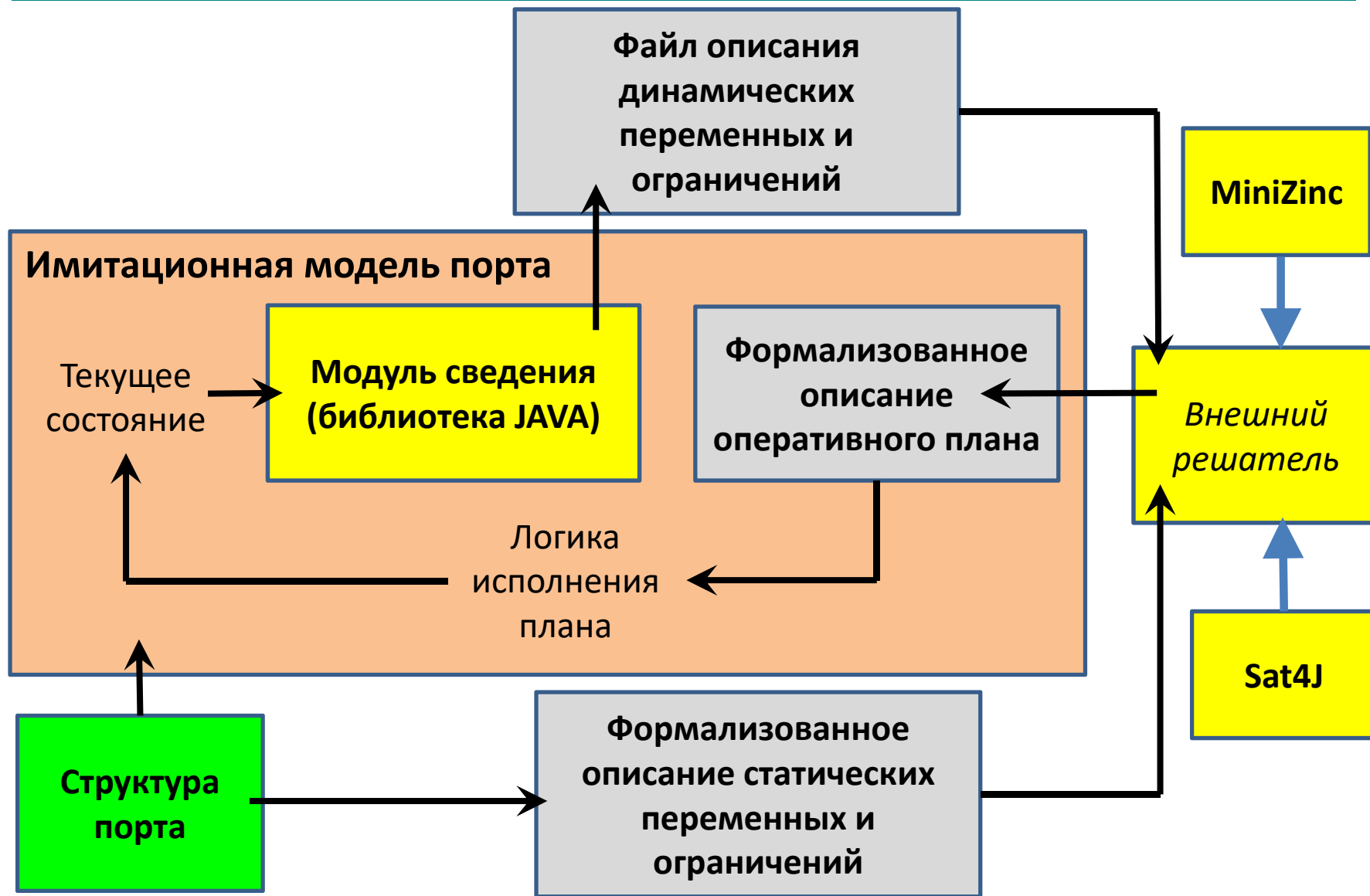
$$X_{ij} = 0 \mid 1$$

Один и тот же ресурс не может быть задействован одновременно более чем в

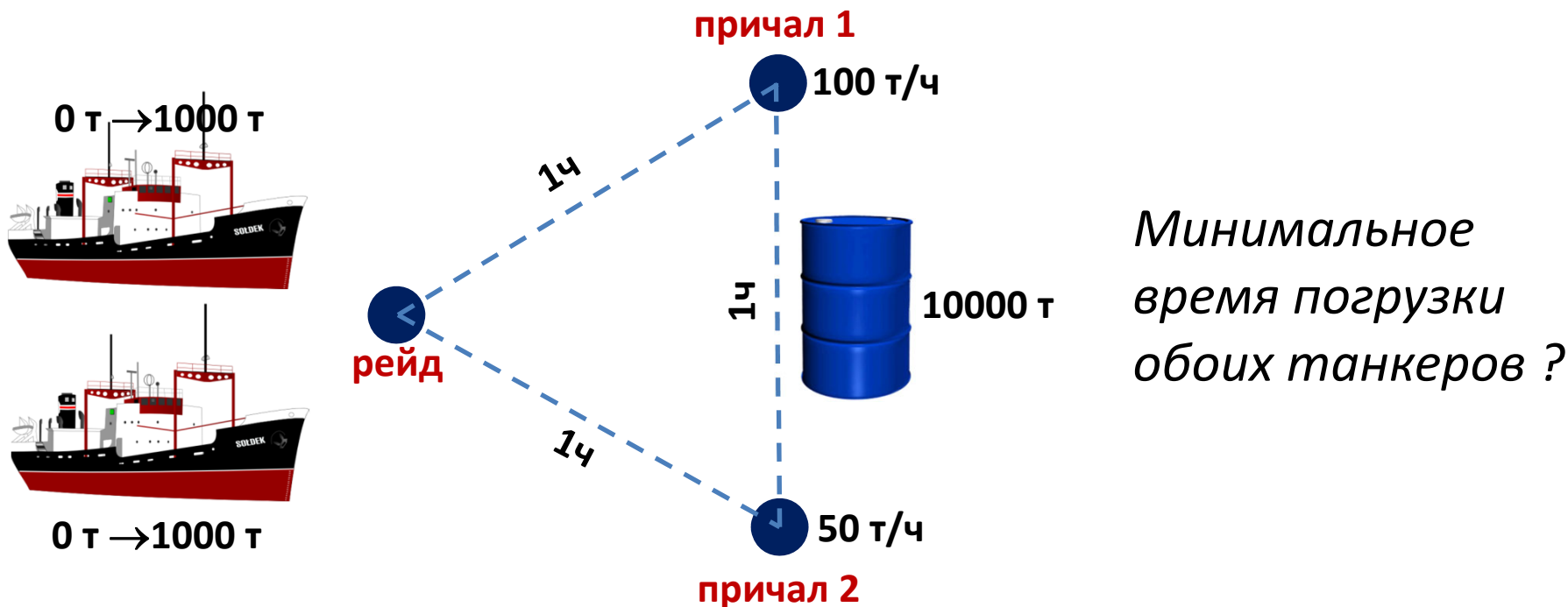
одной операции $\tilde{X}_{ij} + X_{ij} \cdot \prod_{k \in E_i} \tilde{X}_{kj} \geq 1$, $i = 1..N - 1$, $j = 1..M - 1$.

Все ресурсы, задействованные в операции, должны во время ее осуществления находиться в месте ее осуществления ...

Оперативное планирование портовых операций. Метод решения



Оперативное планирование портовых операций. Тестовый пример



Расписание [21 | 15]

01 суббота - 01 суббота

	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00		
Сушильщик 1	0:00	1:00 - 7:00 Погрузка 300 LNG, из Хранилище1						7:00	8:00 - 15:00 Погрузка 700 LNG, из Хранилище1 в											
Сушильщик 2	0:00	1:00 - 8:00 Погрузка 700 LNG, из Хранилище1 в						8:00	9:00 - 15:00 Погрузка 300 LNG, из											

**Спасибо за
внимание!**