

Экспериментальное сравнение задач оперативного планирования биохимического производства.

Виталий Вячеславович Пырэу

Московский физико-технический институт

Курс: Автоматизация научных исследований
(практика, В. В. Стрижов)/Группа Б05-821

Эксперт: С. А. Тренин

2021

Цели исследования.

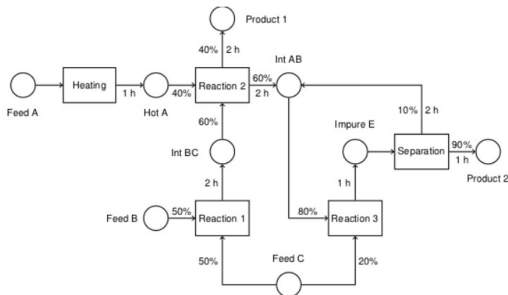
Основная решаемая задача: получить оптимальное или качественное допустимое расписание для производства, используя как можно более простую модель.

Цель исследования: сравнить дискретный и непрерывный подходы к моделированию и описать классы задач, в которых модели, полученные в рамках каждого из подходов будут проще.

Критерии качества: число переменных и ограничений модели, производящей финальное расписание для процессов с различной STN-диаграммой

Моделирование времени, ограничений и требований к расписанию

1. Дискретный индикатор времени $s_{i,t} = 1$ если задача i началась в момент t .
2. Прореживание сетки + сдвиг влево (только t кратные t_0)
3. Индикатор порядка задач: $b_{i,j} = 1$, если задача i начинается раньше задачи j .



1. **STN-диаграммы:** E. Kondili, C. C. Pantelides and R. W. H. Sargent. A general algorithm for short-term scheduling of batch operations-i. MILP formulation
2. **Обзор современных достижений:** Georgios P. Georgiadis, Apostolos P. Elekidis and Michael C. Georgiadis. Optimization-based scheduling for the process Industries: from theory to real-life Industrial applications.
3. **Двухступенчатая схема:** F. Blomer, H.-O. Gunther. LP-based heuristics for scheduling chemical batch processes.
4. **Схема, основанная на порядке:** C.A. Mendez, G.P. Henning, J. Cerda. An MILP continuous-time approach to short-term scheduling of resource-constrained multistage flowshop batch facilities.

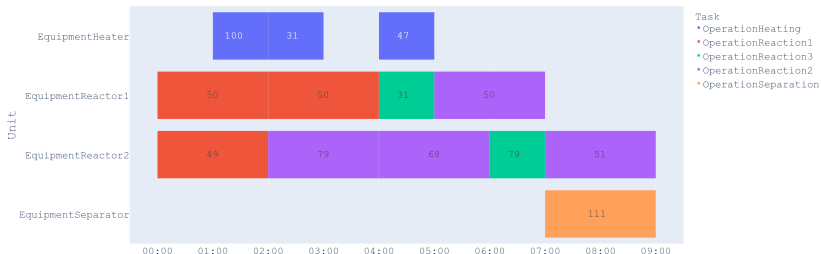
Постановка задачи

Расписание должно быть оптимальным с точки зрения целевой функции - Makespan и учитывать следующие ограничения:

1. На конец производства выполнен весь заказ, то есть произведено как минимум столько продукта, сколько требовалось
2. Склад не переполнен в течении всего времени производства
3. Всякий процесс в расписании может взять со склада требуемый ему материал
4. Один узел в каждый момент времени занимается не более, чем одной задачей.

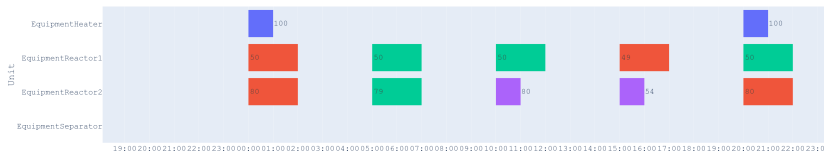
Дискретная модель с плотным временем

1. Переменные-индикаторы того, что процесс берёт задачу в некоторый момент
2. Поток материала в каждый момент времени — взвешанная сумма индикаторов
3. Гарантируется получение оптимального расписания
4. С удлинением временной шкалы число переменных резко возрастает даже при небольшом числе задач.



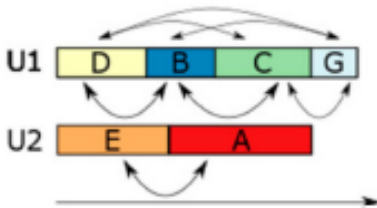
Двухступенчатая схема

1. Решает проблему длинной временной шкалы
2. Делит получение расписания на две фазы: грубое приближение и уточнение
3. На первой фазе задачам разрешено начинаться только в малое число точек времени
4. Не гарантирует получение оптимального расписания, но на практике даёт хорошее приближение сравнительно дёшево.
5. Позволяет балансировать между сложностью модели и оптимальностью результата подбором плотности временной шкалы. Самая простая модель — когда длина временных отрезков равна НОК длин процессов.



Схема, основанная на порядке

1. Минимально моделирует временную шкалу
2. Берёт во внимание не точное время событий, а их очерёдность
3. Число переменных растёт квадратично от числа задач, но не зависит от плотности временной шкалы.
4. Модели становятся более сложными, если процесс сетевой и простыми, если процесс линейный.



Итоги эксперимента

Модель	Demand 500, время 50	Demand 200, время 30	Demand 50, время 10	Общий случай
Дискретная	1276/1859	776/1119	276/379	$O(Tn)$
Двухступенчатая	276+1471/379+1589	176+767/231+841	151+829/194+854	$O(\frac{Tn}{L_{max}}) + O(n + Tn)$
Порядковая	41431/121494	11905/34890	1735/5070	$O(n^2)$

Таблица: Количество переменных и ограничений при разных подходах к построению модели.

Заключение

1. Модели были запущены на трех различных процессах при различных требованиях на заказ.
2. Рассмотрен простой сетевой процесс, известная задача бенчмарка Westenberger and Kallrath (1994) и линейный процесс, исполняемый параллельно.
3. Описаны классы задач, на которых методы показывают приемлимое для практики качество
4. Двухступенчатая схема доведена до фреймворка и готовится к демонстрации.