

N. I. Kurakina, P. A. Myshko A
Saint Petersburg Electrotechnical University «LETI»

LANDSCAPE MODELING OF OIL EMERGENCY SPILLS USING GIS

In the work, the properties and behavior of oil spills accidents at oil pipelines are investigated. The analysis of the main stages of an land oil spill was carried out, the total amount of oil spilled from the pipeline and the factors affecting the initial volumes of oil spills were estimated. Existing methods for modeling the spread of oil spills are considered taking into account the topography; a combined algorithm for calculating the oil pollution configuration was developed, followed by software implementation as Python script and displaying the results on thematic maps in ArcGIS for Desktop. The questions of the influence of the phenomena of evaporation and oil filtration on the spill configuration are investigated and the adequacy of the model is evaluated. Possible modeling oil spills at the oil pipelines of the Republic of Bashkortostan were selected as an example of modeling, since the Republic of Bashkortostan is one of the most significant oil producing regions of Russia. The results of the algorithm and the implemented program can be used to identify the most dangerous sections of the pipeline, determine the most likely directions for the spread of emergency spills in emergency situations in order to prevent them and optimize the work on eliminating the consequences.

Mathematical modeling, pollution, oil spills, oil products, geoinformational systems, analysis, ArcGIS for Desktop

УДК 519.816:655.1

А. В. Иванов

Издательско-полиграфическая ассоциация высших учебных заведений

В. В. Ваганов

Высшая школа автоматизации и робототехники

Н. А. Билецкий

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Разработка алгоритма динамического планирования полиграфического производства посредством рейтинговой системы

Динамическое планирование оперативного полиграфического производства позволяет автоматизированно создавать план производства в режиме реального времени с помощью алгоритма, базирующегося на методе приоритетных правил. На основе данного метода строится рейтинговая система заказов, определяющая очередность их запуска в работу на каждом отдельном этапе производства. Данный алгоритм позволяет исключить человеческий фактор при планировании потока заказов на производстве, где из-за оперативности выполнения работ невозможно применять статическое планирование. С помощью гибкой системы выбора приоритетных правил данная разработка позволяет размещать заказы в порядке необходимости их выполнения на каждом из этапов производства в зависимости от многих параметров заказа. Рассчитывается минимально необходимое время выполнения заказа, минимальный срок выполнения заказа с учетом загруженности оборудования в настоящий момент времени, учитывается желаемый срок изготовления продукции.

Динамическое планирование, автоматизация производства, полиграфия, управление предприятием, рейтинговая система, метод приоритетных правил

Полиграфическое производство характеризуется большой номенклатурой выпускаемой продукции и разнообразием применяемых техноло-

гий ее изготовления. Адаптация к требованиям рынка и дифференциация спроса приводят к существенным колебаниям производственно-техни-

ческих параметров заказов [1]. Для эффективного управления производством необходимо осуществлять планирование, которое позволит организовать экономически выгодное изготовление конкурентоспособной продукции в срок.

Планирование производства может быть статическим и динамическим.

Статическое планирование проводится заранее, когда известны все работы и их характеристики (в начале смены/рабочего дня/недели, в зависимости от производства). Результатом статического планирования является расписание, согласно которому должны выполняться определенные этапы каждого заказа.

Динамическое планирование проводится в режиме реального времени, т. е. решения принимаются во время работы системы на основе анализа текущей ситуации. Так как на момент планирования программа не знает о заказах, которые появятся в будущем, то план производства меняется с появлением новых заказов.

На сегодняшний день разработано множество систем управления полиграфическим предприятием, которые выполняют оформление заказа, распределение заказов по этапам производства, ведение склада материала и продукции, отчеты о загрузке оборудования, планирование производства и многое другое.

В существующих системах управления полиграфическим предприятием применяется только статическое планирование производства. Это целесообразно для крупных предприятий, которые занимаются изготовлением больших по объему тиражей, не требующих гибкости производства.

Однако в связи с развитием цифровых технологий, снижением объема тиражей при увеличении их количества, уменьшением сроков изготовления продукции большую часть отечественного рынка занимают предприятия, которые занимаются оперативным изготовлением печатной продукции. Для таких компаний проводить статическое планирование нецелесообразно.

Цель исследования – разработать алгоритм динамического планирования производства для оперативного полиграфического предприятия.

Для достижения поставленной цели были проанализированы существующие решения статического планирования, выявлены параметры и данные, необходимые для разработки алгоритма динамического планирования производства.

В результате анализа существующих систем планирования были выявлены следующие недостатки:

- современные разработки не могут учитывать многих факторов, которые влияют на процесс производства (эти факторы индивидуальны для каждого предприятия);

- в созданных системах используются исключительно математические методы, которые ограничивают возможность быстрого реагирования на возникающие ситуации и не позволяют быстро корректировать расписание.

Чтобы исключить данные недостатки существующих систем планирования, необходимо использовать новые, эволюционные методы, благодаря которым возможно было бы получить оптимальное решение производственных проблем в режиме реального времени.

Система планирования должна рассматриваться как черный ящик, на вход которого подаются различные параметры планирования, составляется расписание и происходит проверка эффективности с помощью ключевых критериев.

Расписание, получаемое на выходе, представляет собой идеализацию технологического процесса изготовления продукции. При его формировании некоторые параметры имеют случайный характер, что значительно влияет на процесс производства и оперативное планирование. В реальных условиях возникают ситуации, которые приводят к отклонениям от плана, – например, поломка оборудования, инструмента, нехватка материалов на складе, брак. В связи с этим возникает необходимость внесения изменений.

Эффективность перепланировки расписания зависит от данных, которые можно ввести в систему для контроля отклонений, и от длительности процесса перепланировки. Поддержание расписания в актуальном состоянии является важнейшей задачей.

Система управления полиграфическим предприятием состоит из баз данных (БД) [2]. Для оперативного планирования должны быть заведены справочники:

- 1) операций O_i – допечатные, печатные и послепечатные;
- 2) нормирования операций по времени T_{O_i} – операции нормируются формулой или константой;
- 3) оборудования B_i – перечень оборудования;
- 4) времени работы оборудования T_{B_i} – для отражения времени работы смены и перерыва на обед;

5) журналы оператора (ЖО), в которых сотрудник S_i будет видеть только те операции, в выполнении которых он принимает участие.

Каждая операция O_i привязана к определенному оборудованию B_i . Для операций заказа задается нормирование по времени T_{O_i} в зависимости от параметров заказа.

Новый заказ формируется посредством набора необходимых операций O_i на этапах допечатной подготовки, печати и постпечатной обработки, а в зависимости от тиража, количества печатных листов, формата изделия и других параметров высчитывается количество времени T_{O_i} , затрачиваемое на каждую операцию.

Получив время T_{O_i} , необходимое на выполнение операции O_i , можно понять, сколько времени T_{B_i} оборудование будет занято выполнением каждой операции заказа.

На основе данных о выполнении последующих операций O_{i+1} данного заказа, а также операций других заказов $O_s + O_{s+1} + O_{s+2} + \dots + O_{i+n}$ создается расписание прохождения потоков заказов на производственном участке.

При решении задачи оперативного планирования производства фактором, более важным, чем ограничения, накладываемые на процесс выполнения работ, является способ (критерий) оценки выбранного решения (в данном случае расписания) [3].

Как правило, критерии оценки эффективности расписания выражаются через показатели работы. К таким показателям относятся:

- 1) время окончания работы (момент завершения последней операции);
- 2) время прохождения (время протекания работы на производственном участке);
- 3) время ожидания (время ожидания выполнения операции, составляющая часть времени прохождения);
- 4) время задержки (разность между плановым и фактическим сроками завершения работы);
- 5) время запаздывания (при положительном значении эквивалентно времени задержки).

Для того чтобы охарактеризовать производственный участок, рассматривают всего два показателя:

- 1) коэффициент загрузки оборудования (отношение времени занятости работой оборудования к общему времени, в течение которого эта машина может быть использована);
- 2) объем незавершенных работ.

При оценке эффективности расписания необходимо минимизировать или максимизировать среднее, общее, максимальное или минимальное значения этих показателей. Чаще всего наиболее важна минимизация длительности производственного процесса, т. е. минимизация максимального времени прохождения работ.

Также к важнейшим задачам относится минимизация времени запаздывания, поскольку большинство реальных задач планирования связано с производством заказов, имеющих жесткие плановые сроки, нарушение которых ведет к экономическим потерям предприятия.

В случае, когда основной интерес представляет минимизация затрат, связанная с составленным расписанием, для оценки оптимальности планирования каждому показателю присваиваются постоянные удельные затраты и критерий эффективности выражается как линейная сумма таких оценок. Например, при минимизации незавершенного производства, максимизации использования машин и минимизации общих задержек в качестве критерия оценки используются затраты, которые в этих случаях прямо пропорциональны перечисленным показателям.

Между различными критериями оценки расписания изготовления заказов существует определенная зависимость [4]. Например, среднее время исполнения заказа и средний объем незавершенного технологического процесса имеют прямо пропорциональную зависимость и оцениваются количеством работы.

Расписание, которое считается оптимальным и эффективным для производственного процесса предприятия относительно таких показателей, как среднее время изготовления одного заказа, среднее время доступности (разность между временем поступления заказа в производство и плановым сроком, в статистическом случае она равна нулю), количества оборудования (либо коэффициента загрузки оборудования), удовлетворительно и относительно других показателей.

Если согласно составленному расписанию минимизируется среднее время прохождения заказа на производственном участке, то и средний объем незавершенных работ по изготовлению изделий также минимизируется.

Однако взаимосвязь между различными показателями работы не всегда так очевидна.

Например, если согласно расписанию минимизируется среднее время прохождения заказа на производственном участке, то этим обеспечивается и минимизация среднего времени запаздывания. Минимизация же максимального времени прохождения заказа на производственном участке совсем не обязательно обеспечивает минимизацию максимального времени запаздывания.

Примеры целевых функций:

$C_{\max} = \max_{i=1, \dots, n} c_i$ – время завершения всех работ;

бот;

$L_{\max} = \max_{i=1, \dots, n} (c_i - d_i)$ – запаздывание относи-

тельно директивных сроков;

$D_{\max} = \max_{i=1, \dots, n} (c_i - d_i)$ – отклонение от дирек-

тивных сроков;

$F_{\max} = \max_{i=1, \dots, n} (\max\{0; c_i - d_i\})$ – опережение

директивных сроков;

$\sum_{i=1}^n w_i c_i$ – взвешенная сумма окончания ра-

бот, где n – количество необходимых работ, w_i – весовой коэффициент.

Для решения задач теории расписаний наиболее эффективны методы искусственного интеллекта. Их применение основано на использовании приоритетных правил.

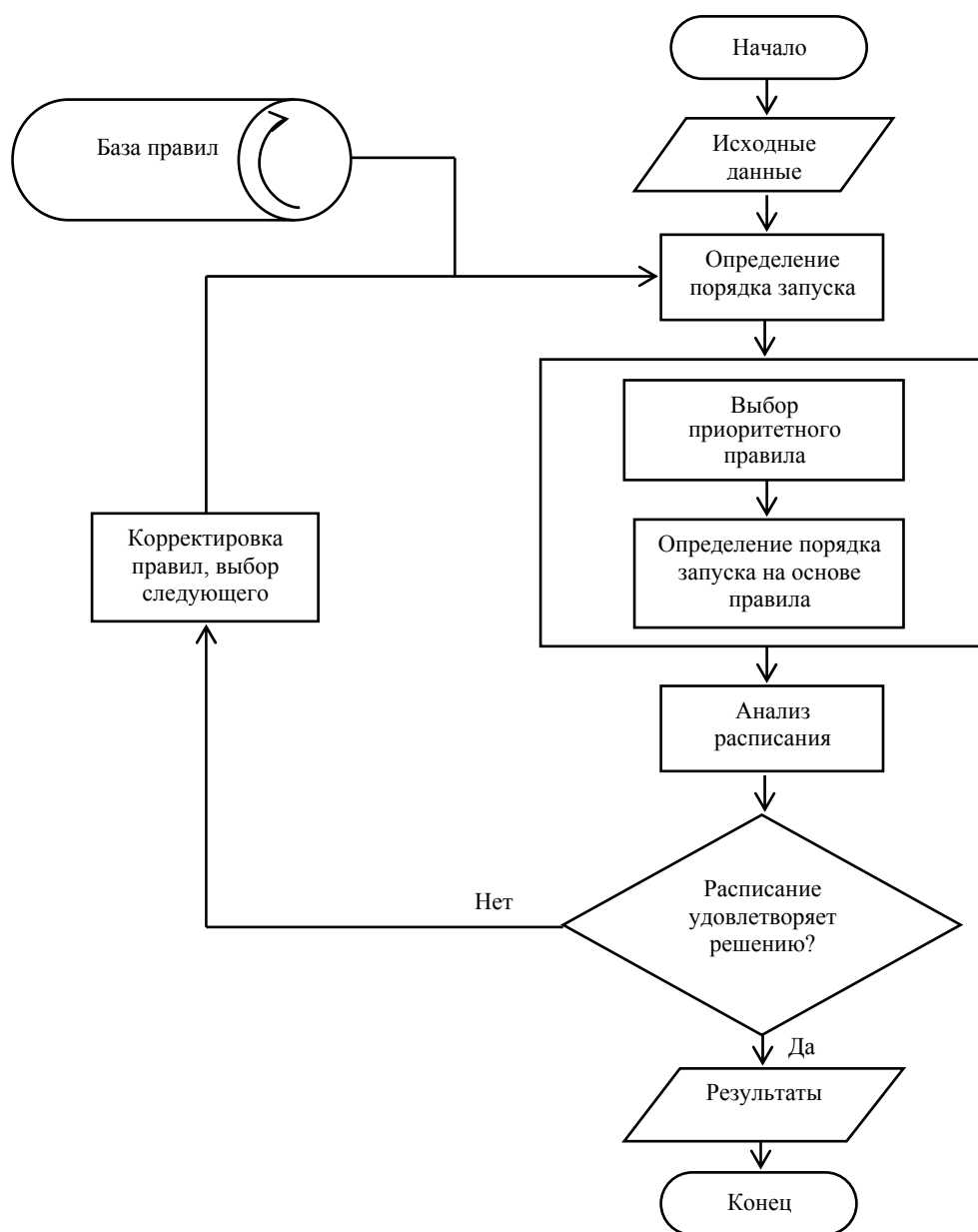


Рис. 1

На рис. 1 представлен алгоритм использования таких правил для решения задач оперативного планирования. После оформления заказа и определения исходных данных и показателей система оперативного планирования составляет расписание, которое является идеализацией технологического процесса в целом. Затем происходит проверка эффективности расписания в режиме реального времени на основании выбранных критериев (приоритетных правил). Выбор приоритетных правил зависит от индивидуальных особенностей предприятия и учитывает наиболее значимые факторы для производства продукции. После анализа расписания происходит перепланировка порядка запуска заказов.

Приоритетные правила бывают простые и сложные. К простым относят правила с одним предусловием. В случае, когда невозможен однозначный выбор по простому правилу или когда необходимо расширить количество учитываемых параметров и характеристик обработки, применяют комбинированные приоритетные правила, которые представляют собой комбинацию простых предусловий [5].

Основные приоритетные правила:

1. Правило FCFS (First Come First Service) – первым пришел, первым обслуживается.

2. Правило SPT (Shortest ProcessingTime) – правило кратчайшей операции (если время изготовления заказа на данном этапе производства минимально, то этот заказ запускается в первую очередь).

3. Правило LPT (Longest ProcessingTime) – правило максимально длинной операции (если время изготовления заказа на данном этапе производства максимально, то этот заказ запускается в первую очередь).

4. Правило LUKR – выбор заказа, для которого длительность всех оставшихся операций минимальна (если время изготовления заказа на всех оставшихся этапах производства минимально, то этот заказ запускается в первую очередь).

5. Правило MWKR – выбор заказа, для которого длительность оставшихся операций максимальна (если время изготовления заказа на всех оставшихся этапах производства максимально, то этот заказ запускается в первую очередь).

6. Правило FOPNR – правило минимального числа оставшихся невыполненных операций (если число невыполненных операций изготовления продукции минимально, то этот заказ отправляется в производство первым).

7. Правило DDATE – правило плановых сроков. Приоритет отдается деталям, плановые сроки готовности которых наступят раньше.

8. Правило OPNDD – правило поэтапных плановых сроков. Приоритет определяется с помощью деления планового срока на длительность выполнения операции, т. е. $\frac{T_{inn} + T_{tex}}{t_{ij}} = \tau_{ij}$, где

T_{inn} – интегральная составляющая времени, позволяющая устранить статистические ошибки); T_{tex} – технологическое время изготовления. При этом возможны два варианта данного правила:

1) если значение параметра τ_{ij} минимально, то i -й заказ изготавливается на j -м оборудовании первым;

2) если значение параметра τ_{ij} максимально, то i -й заказ изготавливается на j -м оборудовании первым.

Правила 4 и 5 называются антитетическими правилами, так как при выполнении их условий заказ идет в производство либо первым, либо последним. Такие противоположные правила были введены ввиду того, что одно из них может оказаться эффективнее другого для технологического процесса изготовления продукции.

Перечисленные правила не гарантируют однозначного планирования порядка изготовления заказов на предприятии. Для этого используется проверка эффективности расписания по нескольким приоритетным правилам. После анализа расписания на соответствие первому выбранному правилу происходит анализ по второму, в результате чего выбирается наилучший вариант расписания, перепланированный в соответствии с первым правилом.

Для упрощения алгоритма оперативного планирования производства удобнее всего воспользоваться комбинированными правилами, которые состоят из нескольких простых предусловий.

Например:

1. Заказ поступает в производство в первую очередь, если время прохождения заказа на данной операции минимально и заказ имеет наименьший номер.

2. Заказ поступает в производство в первую очередь, если оставшееся время нахождения заказа в производстве максимально и заказ имеет наименьший номер.

Номер заказа	Правило 1		Правило 2		Выбор порядка запуска	
	Порядок запуска	Рейтинг заказа	Порядок запуска	Рейтинг заказа	Рейтинг заказа	Порядок запуска
1						
2						
...						
L						

3. Заказ поступает в производство в первую очередь, если число невыполненных этапов производства по изготовлению заказа максимально, время оставшихся операций минимально и заказ имеет наименьший номер.

Для планирования порядка запуска заказов на производственный участок предприятия может быть использован следующий алгоритм, в котором порядок изготовления продукции определяется в соответствии с несколькими приоритетными правилами, которые выбираются в зависимости от их эффективности для каждого конкретного предприятия [6].

Для этого используется рейтинговая система определения порядка запуска заказа в производство. Каждое правило может иметь свой рейтинг. Чем выше эффективность правила для производства, тем больший рейтинг оно имеет. После определения порядка выполнения заказов по каждому правилу оценивается рейтинг заказа по этому правилу. Чем раньше заказ запускается в обработку, тем выше его рейтинг. Рейтинг первого по порядку заказа равен количеству обрабатываемых заказов L , рейтинг второго по очереди поступления заказа равен $L - 1$, третьего – $L - 2$, и т. д. Последнему по порядку заказу присваивается рейтинг, равный 1. В том случае, если рейтинг правила больше единицы, то рейтинг заказа умножается на рейтинг правила.

Полученные данные сводятся в рейтинговую таблицу, структура которой аналогична структуре таблицы, представленной в данной статье.

После определения суммарного рейтинга каждого заказа определяется окончательный порядок выполнения продукции. Первым запускается заказ, суммарный рейтинг которого оказался

наибольшим, остальные – в порядке убывания. Чем больше суммарный рейтинг заказа, тем раньше заказ запускается на обработку.

Если возникла конфликтная ситуация, когда рейтинги разных заказов оказались одинаковыми, то первым поступает на изготовление заказ, порядковый номер которого меньше всех.

Таким образом, в данной статье был разработан алгоритм динамического планирования производства полиграфического предприятия, который позволит эффективно реализовать систему управления потоками заказов при оперативном изготовлении печатной продукции, учитывающую оптимальное использование производительности технологического оборудования, лимитированного перечня заданных материалов и нормативных ограничений по времени реализации полиграфических изделий.

Разработанный алгоритм динамического планирования необходим для оперативной полиграфии, так как позволяет планировать работу в режиме реального времени и меняет план производства в течение рабочего дня. Благодаря используемому методу приоритетных правил данная система гибка и может быть реализована на базе различных полиграфических предприятий. Результатом применения данной технологии может стать фактическое отражение загруженности оборудования на момент оформления нового заказа, расчет срока выполнения с учетом параметров продукции. Данное решение не только облегчает оформление заказов, но и оптимизирует их распределение на всех этапах, выстраивая заказы в порядке срочности выполнения для оператора на каждом этапе производства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Миронова Г. В. Организация полиграфического производства. М.: Изд-во МГУП, 2002.
2. Волкова Л. А. Издательско-полиграфическая техника и технология. М.: Изд-во МГУП, 1999.

3. Танаев В. С., Ковалев М. Я., Шафранский Я. М. Теория расписаний. Групповые технологии / ИТК НАН Беларуси. Минск, 1998.
4. Матвейкин В. Г., Романов А. Д., Явник Р. М. Информационная система предприятия: построение

моделей и поиск оптимального управления // Вестн. ТГТУ. 2003. № 4. С. 638–645.

5. Построение системы показателей для оценки эффективности наукоемкой производственной системы / В. Г. Матвейкин, С. И. Татаренко, Б. С. Дмитриевский, И. С. Панченко // Вестн. ТГТУ. 2009. Т. 15, № 2. С. 278–284.

риевский, И. С. Панченко // Вестн. ТГТУ. 2009. Т. 15, № 2. С. 278–284.

6. Brucker P. Scheduling Algorithms. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag, 1995.

A. V. Ivanov

Publishing Press Association

V. V. Vaganov

Higher school of automation and robotics

N. A. Biletsky

Saint Petersburg polytechnic university of Peter the Great

DEVELOPMENT OF AN ALGORITHM FOR DYNAMIC PLANNING OF POLYGRAPHIC PRODUCTION BY MEANS OF A RATING SYSTEM

Dynamic planning of operational printing production allows you to automatically create a production plan in real time using an algorithm based on the priority rule method. Based on this method, a rating system of orders is built that determines the order in which they are put into operation at each individual stage of production. This algorithm eliminates the human factor when planning the flow of orders in production, where due to the speed of work it is impossible to apply static planning. Using a flexible system for selecting priority rules, this development allows you to place orders in the order they need to be completed at each stage of production, depending on many order parameters. The minimum required lead time, the minimum lead time, taking into account the workload of the equipment at the current time, is calculated, takes into account the desired production time.

Dynamic planning, automation of production, printing, enterprise management, rating system, priority rules method
