

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ РАБОТЫ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ МЕХАНООБРАБОТКИ

Секирин А. И., Донецкий национальный технический университет

Предложен новый подход в построении субоптимальных расписаний работы автоматизированных технологических комплексов с использованием генетических алгоритмов и объектно-ориентированной модели. Разработан алгоритм оптимизации расписаний, выполнена программная реализация, проведены экспериментальные исследования.

Машиностроение играет важную роль в экономике страны. Перспективным направлением развития машиностроительных производств является создание автоматизированных цехов, участков, технологических комплексов. Под автоматизированными технологическими комплексами (АТК) будем понимать технологические структуры с законченным производственным циклом (участок, цех) и различной степенью автоматизации. АТК включает в себя автоматизированное технологическое оборудование для механообработки деталей, а также - вспомогательное оборудование: автоматизированный транспорт и автоматизированную складскую систему. Эффективность функционирования автоматизированных технологических комплексов зависит от качества управления работой технологического оборудования и движением материальных потоков [1, 4].

АТК представляет собой сложный динамический объект, функционирующий в условиях неполной информации и неопределенности. При создании и эффективной эксплуатации АТК одной из главных является задача оперативного управления функционированием производственного оборудования и синхронизации материальных потоков, которая решается с помощью автоматизированной системы оперативного управления (АСОУ). Управление АТК должно базироваться на оптимальном расписании работы технологического оборудования, которое позволяет организовать согласование во времени и в пространстве движение

материальных потоков в производственной системе [1]. Однако в общем виде данная задача не решена. Оптимальные решения получены лишь для простейших случаев, имеющих чисто теоретическое значение. Для получения приемлемых решений в допустимые сроки в основном применяются эвристические методы, построенные на использовании различных правил запуска деталей в обработку. Недостатком эвристических методов является неэффективность получаемых решений за счет погрешности правил, которые составляются с использованием опыта человека-эксперта. Метод полного перебора невозможно применять, так как сроки получения решения превышают допустимые.

Преодоление указанных недостатков видится в применении эволюционных методов. Для оптимизации расписаний работы АТК предлагается использовать генетические алгоритмы (ГА), в основу которых положено эволюционное развитие и наследование свойств хромосом [2, 3]. Механизм развития и наследования позволяет последовательно улучшать хромосомы в каждой новой популяции, что приводит к получению субоптимальных (близких к оптимальным) решений. Критерием остановки алгоритма может служить, достижение заданной точности для получаемого решения, или же превышение предельного количества итераций алгоритма.

В процессе работы генетический алгоритм формирует множество возможных решений (популяцию хромосом). Предлагается использовать двухуровневое представление хромосом, что позволит варьировать не только последовательность запуска партий деталей, но и размерами этих партий:

$Chr_i^1 = [m_1, m_2, \dots, m_n]$ – хромосома первого уровня

$Chr_i^2 = [k_1, k_2, \dots, k_n]$ – хромосома второго уровня

где

m_i и k_i – натуральные числа (биты хромосом), кодирующие номера и размерности партий запуска соответственно;

N – размер популяции.

Первый (или верхний) уровень хромосом кодирует различные варианты последовательностей запуска деталей по их типам на технологический участок. Каждой хромосоме первого уровня

сопоставляется хромосома второго уровня, в которой содержится информация о величине партий запуска для каждого типа детали. Длина хромосомы определяется номенклатурой обрабатываемых деталей, которые будут принимать участие в процессе оптимизации. Каждой отдельной разновидности детали присваивается свой уникальный код, представленный натуральным числом. Последовательность этих кодов (чисел) в хромосоме определяет очередность запуска деталей в производство.

Ограничения на формирование хромосомы:

- коды деталей не должны повторяться;
- длина хромосомы первого уровня постоянна и равна количеству наименований обрабатываемых деталей;
- длина хромосомы второго уровня равна длине хромосомы первого уровня;
- для хромосом второго уровня значения бит не должны выходить за пределы, определенные производственной программой для соответствующей детали.

Для оптимального кодирования хромосом разработаны проблемно-ориентированные операторы кроссинговера и мутации.

Начальные решения (хромосомы первой популяции) формируются случайным образом, затем генетический алгоритм производит перебор очередности и размеров партий запуска, поступающих в обработку.

Для оценки эффективности хромосом предлагается использовать разработанную объектно-ориентированную модель АТК [4]. В качестве объектов моделирования выбраны следующие типовые элементы АТК: гибкий производственный модуль и транспортный модуль с системами управления, автоматизированный склад с системой управления и систему управления АТК. На базе классов созданы следующие основные объекты: GPM - гибкий производственный модуль (основные функции - расчет времени окончания обработки, поломки и восстановления, ТМ - транспортный модуль (основные функции - расчет времени на перевозку, поломки и восстановления, синхронизация со складом), SKD - склад (основные функции - расчет времени окончания складской операции, поломки и восстановления, синхронизация с

транспорт), DS – диспетчер событий (основные функции – распознавание, фиксация и передача команд и событий адресатам, формирование расписания), SU – система управления (назначение – управление технологическим и транспортно-складским оборудованием посредством выдачи команд и контроля их выполнения).

Центральным звеном модели АТК является система управления, которая взаимодействует с модулями (GPM, TM, SKD) с помощью диспетчера событий. После того как произведена начальная загрузка, система управления формирует команды-задания модулям. Диспетчер событий компонует очередь команд, из которой они передаются модулям-адресатам. Получив команду, модуль вызывает соответствующую функцию, которая рассчитывает время окончания события, вызванного командой. После чего модуль передает рассчитанное время окончания события в DS, который в свою очередь передает его в систему управления. Реакцией на подтверждение совершения события является следующая команда системы управления.

На выходе модели АТК формируется таблица результатов в виде последовательности событий и основных показателей работы АТК (длительность технологического цикла, коэффициенты загрузки оборудования, длительность простоев оборудования и т.д.), которая является основой нового расписания. Эти данные являются ответом моделирующей системы на входные параметры, посланные ГА. Их можно интерпретировать как фитнес (целевую функцию – f_u) для конкретной хромосомы. Функциональная схема поиска оптимального расписания с использованием объектно-ориентированной модели и генетических алгоритмов показана на рис. 1.

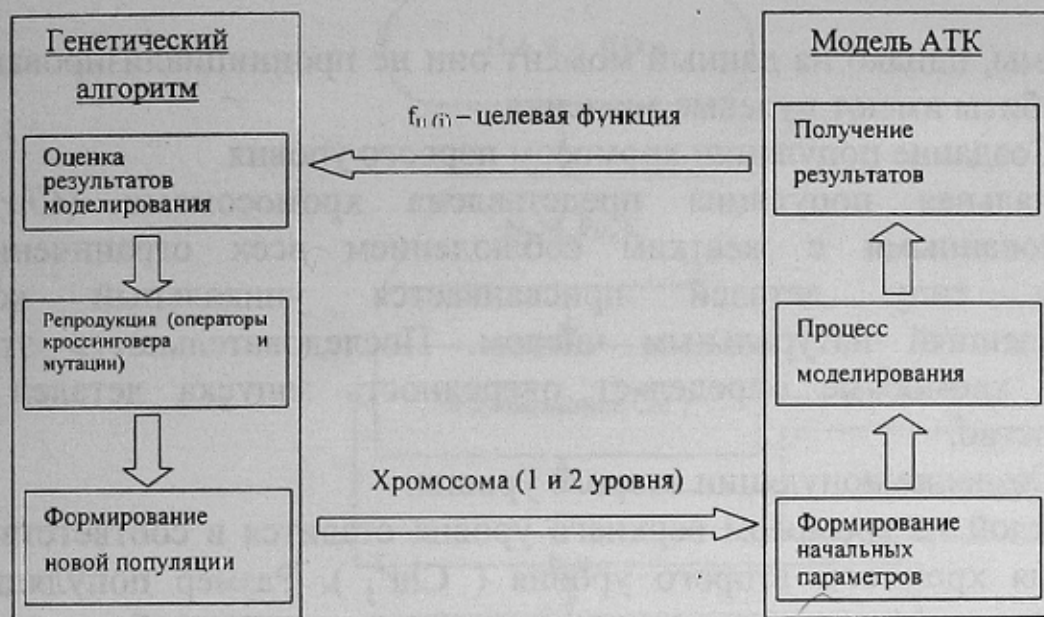


Рисунок 1 - Функциональная схема поиска оптимального расписания

В качестве критерия оптимальности составления расписания и оценки эффективности работы ГА предлагается использовать наименьшее общее время выполнения производственной программы (длительность производственного цикла) или максимальную загрузку технологического оборудования при выполнении ограничений (сроков выпуска деталей), или по наименьшему отклонению от директивных сроков выпуска деталей (точно в срок). Опираясь значениями функций оптимальности для каждой хромосомы по выбранному заранее критерию, ГА отбирает наилучшие хромосомы и на их основе строит новые решения. Блок-схема работы генетического алгоритма, реализующего совместно с объектно-ориентированной моделью АТК поиск субоптимального расписания, представлена на рис.2.

Описание работы алгоритма:

1) Ввод начальных параметров.

На этом шаге происходит установка начальных параметров алгоритма. Такими параметрами являются, например, размер популяций для первого и второго уровня (N и M соответственно), вероятностные показатели оператора кроссинговера и мутации ($P\rho$), выбирается критерий оптимизации (K). Кроме того, создаются все

хромосоми, однако на данный момент они не проинициализированы и все их биты имеют нулевые значения.

2) Создание популяции хромосом первого уровня.

Начальная популяция представлена хромосомами (Chr^1_i), сформированными с жестким соблюдением всех ограничений. Каждому типу деталей присваивается уникальный код, представленный натуральным числом. Последовательность этих кодов в хромосоме определяет очередность запуска деталей в производство.

3) Создание популяции второго уровня.

Каждой из хромосом верхнего уровня ставится в соответствие популяция хромосом второго уровня (Chr^2_j). Размер популяций второго уровня определяется экспериментально и не обязательно должен совпадать с размером хромосом первого уровня. Все хромосомы второго уровня также строятся с учетом ограничений и отражают величину транспортных партий в партии запуска по типам деталей.

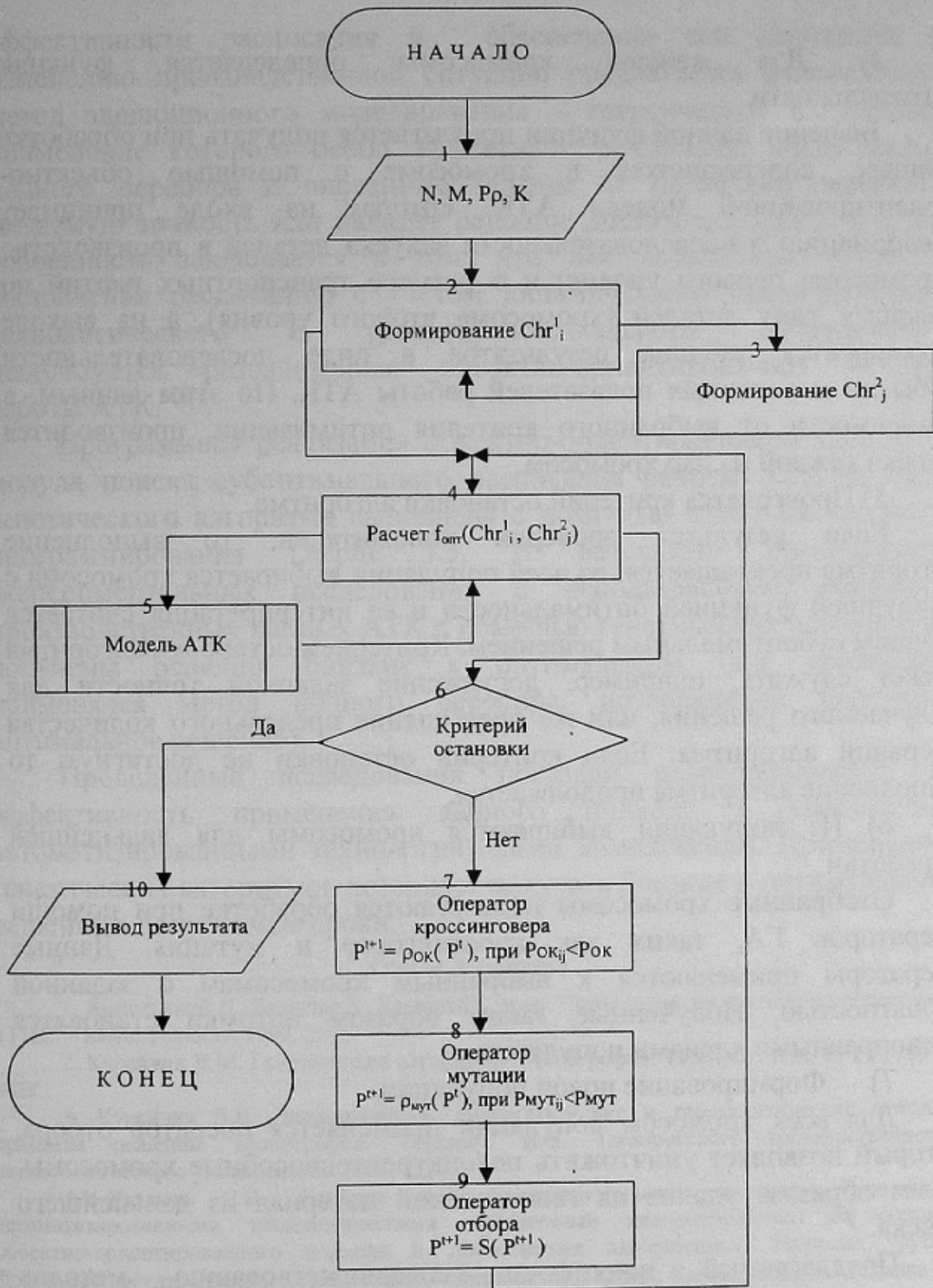


Рисунок 2 - Блок-схема работы генетического алгоритма

4) Для каждой хромосомы определяется функция оптимальности.

Значение данной функции предлагается получать при обработке данных, содержащихся в хромосоме с помощью объектно-ориентированной модели АТК, которая на входе принимает информацию о последовательности запуска деталей в производство (хромосома первого уровня) и о размере транспортных партий по каждому типу деталей (хромосома второго уровня), а на выходе формируется таблица результатов в виде последовательности событий и основных показателей работы АТК. По этим данным, в зависимости от выбранного критерия оптимизации, производится оценка каждой из пар хромосом.

5) Проверяется критерий остановки алгоритма.

Если результат проверки положителен, то выполнение алгоритма прекращается, из всей популяции выбирается хромосома с наилучшей функцией оптимальности и ее интерпретация считается лучшим субоптимальным решением. Критерием остановки алгоритма может служить, например, достижение заданной точности для получаемого решения, или же превышение предельного количества итераций алгоритма. Если критерий остановки не достигнут, то выполнение алгоритма продолжается.

6) Из популяции выбираются хромосомы для дальнейшей обработки.

Отобранные хромосомы подвергаются обработке при помощи операторов ГА, таких как кроссинговер и мутация. Данные операторы применяются к выбранным хромосомам с заданной вероятностью. Полученные таким образом потомки становятся равноправными членами популяции.

7) Формирование новой популяции.

Для всех хромосом популяции применяется оператор отбора, который позволяет уничтожить неконкурентоспособные хромосомы, таким образом, удалив их генетический материал из дальнейшего поиска.

Предлагаемый подход к совершенствованию методов составления расписаний для работы АТК имеет две особенности. Первая особенность состоит в том, что для повышения

эффективности расписания и обеспечения его адаптации к изменению производственной ситуации предлагается использовать метод эволюционного моделирования – генетические алгоритмы, применение которого особо эффективно в случаях, когда метод полного перебора и численные методы не позволяют получить желаемую точность или находят решение достаточно долго. Вторая особенность заключается в том, что для повышения точности составления расписания, с учетом динамического взаимодействия технологического и транспортно-складского оборудования используется разработанная объектно-ориентированная модель работы АТК.

Программная реализация объектно-ориентированной модели и модуля поиска субоптимального расписания работы АТК на базе генетического алгоритма выполнена с помощью языка визуального программирования Delphi 5.5. В результате проведенных экспериментальных исследований с использованием реальных производственных данных АТК с помощью генетических алгоритмов получены решения близкие к оптимальным (для сравнения применялся метод полного перебора, позволяющий получить оптимальное решение).

Проведенные исследования показали целесообразность и эффективность применения данного подхода в управлении автоматизированными технологическими комплексами. Применение генетических алгоритмов позволяет получать близкие к оптимальным решения в допустимые сроки.

Список литературы

1. Ямпольский Л., Банашак З., Хасегава К. и др. Управление дискретными процессами в ГПС. – Киев: Техника, 1992, 256с.
2. Курейчик В.М. Генетические алгоритмы. Монография. Таганрог: Изд. ТРТУ, 1998, 242с.
3. Курейчик В.В. Эволюционные, синергетические и гомеостатические методы принятия решений. Монография. Таганрог: Изд. Таганрогского государственного радиотехнического университета, 2001, 222с.
4. Лаздынь С.В., Секирин А.И. Совершенствование методов управления автоматизированными технологическими комплексами механообработки на основе объектно-ориентированного подхода и генетических алгоритмов. // Научные труды Донецкого государственного технического университета. Серия: Вычислительная техника и автоматизация, выпуск 38. – Донецк: ДонГТУ, 2002.