МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

УДК 519.876.5

В.А.Полетаев, А.И.Цигельников, В.В.Зиновьев, А.Н.Стародубов

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПОИСКА ОПТИМАЛЬНОГО ВАРИАНТА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ТРАНСПОРТНО-СКЛАДСКОЙ СИСТЕМЫ

Нахождение оптимального варианта автоматизированной транспортно-складской системы (АТСС), обеспечивающей максимальную производительность и непрерывность работы, повышает эффективность гибкого автоматизированного производства (ГАП). Разработка программного комплекса для автоматического поиска оптимального варианта АТСС (выбор транспортной системы, компоновки оборудования) является актуальной научной задачей.

Система имитационного моделирования автоматизированных производств (СИМАП) [1, с 222; 2], позволяет создавать и моделировать варианты ГАП с различными АТСС.

Для поиска оптимального варианта АТСС применен метод покоординатного спуска, т.к. полный перебор не возможен из-за значительной многовариантности решений, хотя указанный метод и не позволяет избежать ловушки локального минимума. Естественна попытка решения данной проблемы применением эволюционного алгоритма. Генетические и эволюционные алгоритмы эффективно применялись для оптимизации ГАП. Так в [3, с 6] генетический алгоритм применен для оптимизации расписания работы ГАП. Программное обеспечение, разработанное в [6, с.273] , использует генетический алгоритм для оптимального расположения оборудования на производственной площади. Но вопрос выбора оптимального варианта АТСС остается открытым. Поэтому необходима разработка программного модуля оптимизации на основе эволюционных алгоритмов и имитационного моделирования для поиска оптимального варианта АТСС, что позволит получить решение при ограниченных временных и вычислительных ресурсах.

Программный модуль оптимизации разработан на языке C++, с использованием библиотеки Qt и графического движка Ogre (рис. 1). Библиотека Qt отвечает за графический интерфейс, работу с файлами, базами данных, а также за другие служебные функции. Графический движок Ogre производит вычисления для отображения трехмерной графики и анимации. База данных оборудования содержит информацию об основном технологическом оборудовании (промышленных роботах, обрабатывающих центрах). Имитационные модели служат для оценки вариантов АТСС. Эво-

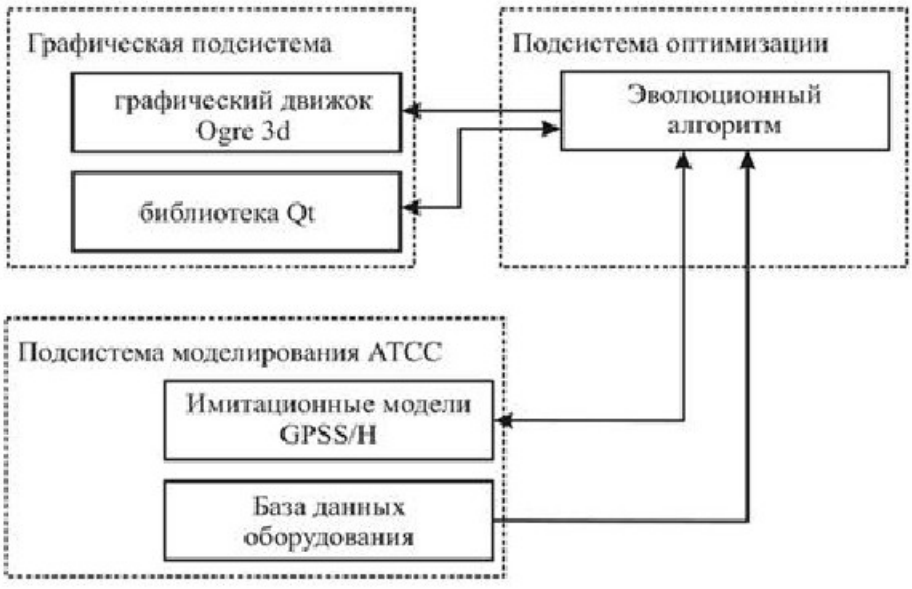

Рис. 1.Структура модуля оптимизации

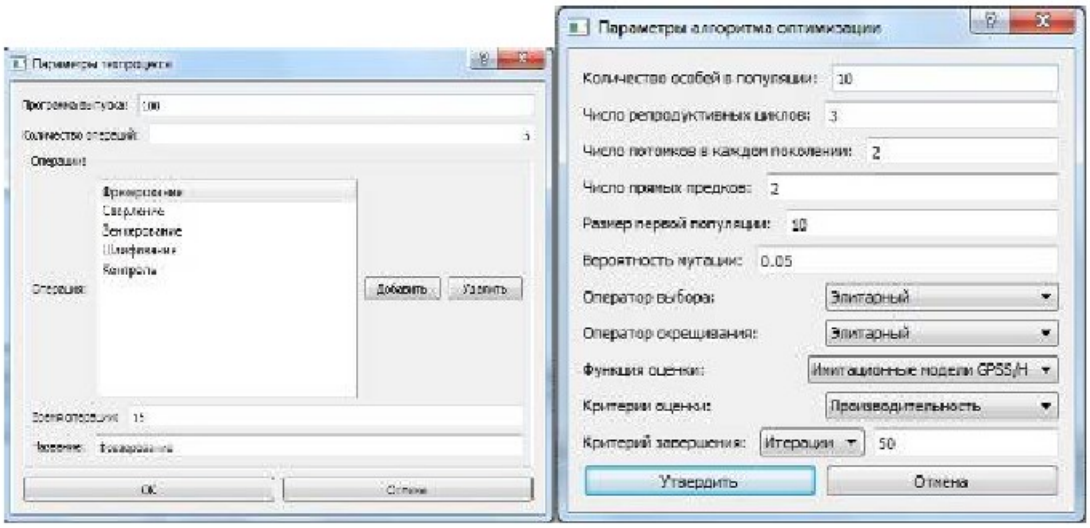

Рис. 2. Диалоговое окно ввода параметров техпроцесса (слева), диалоговое окно выбора параметров алгоритма оптимизации (справа).

люционный алгоритм является главной частью программного модуля и отвечает за поиск оптимального варианта АТСС.

Для представления объектов и процессов в модуле оптимизации реализованы следующие классы: классы технологического оборудования, класс визуализации варианта АТСС, класс управления работой эволюционного алгоритма и т.д. Каждый класс является информационным представлением технологического объекта или процесса.

В качестве функции оценки используются имитационные модели АТСС, которые позволяют получить данные, как о производительности всей системы, так и о загрузке отдельных гибких производственных модулей.

Задача оптимизации заключается в том, чтобы для ГАП, с заданной технологической программой, найти вариант АТСС с расположением оборудования, транспортной системой и др. параметрами, при которых критерий эффективности АТСС будет стремиться к $extr\ F(G)$ при выполнении следующих ограничений:

- ограничение на размер производственного помещения

$$X_S^{min} \le X_S \le X_S^{max};\ Y_S^{min} \le Y_S \le Y_S^{max};\ Z_S^{min} \le Z_S \le Z_S^{max}, \quad (1)$$

где X_S – ширина производственного помещения, Y_S – длина производственного помещения, Z_S – высота производственного помещения;

- расстояние между оборудованием не может быть меньше допустимого

$$\rho(A_i, A_k) \ge [l]_{ik}, \quad i \ne k, \quad (2)$$

где $\rho(A_i, A_k)$ – расстояние между i и k-ми производственными модулями, $[l]_{ik}$ – минимально допустимое расстояние между i и k-ми производственными модулями;

- порядок размещения оборудования в зависимости от типа транспортной системы.

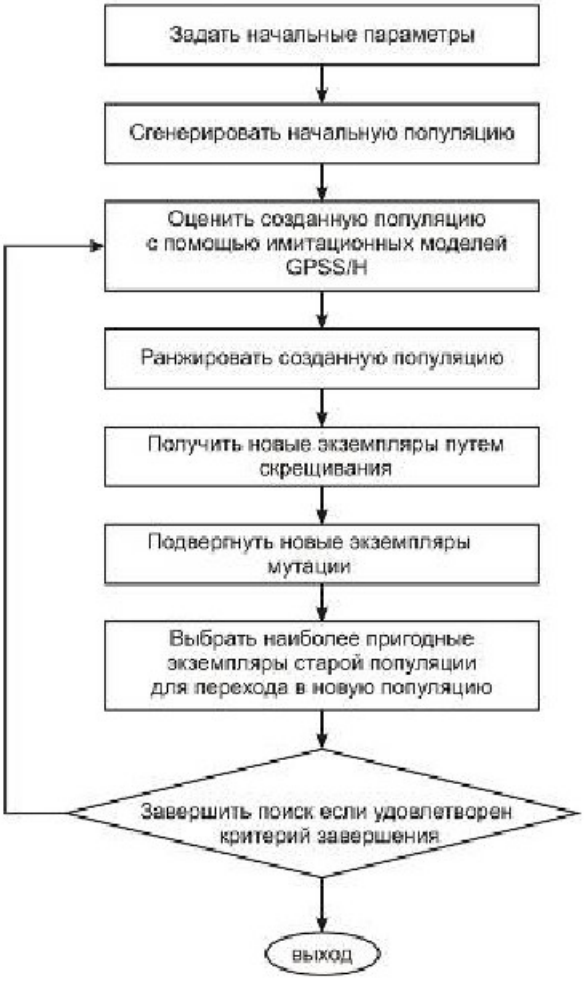

Рис. 3. Алгоритм поиска оптимального варианта АТСС

Составляющие критерия эффективности АТСС:

1) общее время производства

$$T_{П.Ц} \rightarrow \min, \quad (3)$$

2) коэффициент загрузки оборудования

$$T_{заг.об} \rightarrow \max), \quad (4)$$

3) общая стоимость оборудования

$$T_{стоим} \rightarrow \min. \quad (5)$$

Процесс поиска оптимального решения происходит следующим образом.

Пользователь задает программу выпуска изделий, название и время технологических операций. Выбирает варьируемые параметры (рис.2) (расположение оборудования, тип транспортной системы, число обрабатывающих станков в рабочей группе). Выбирает параметры эволюционного алгоритма: определяет операторы скрещивания и мутации, задает критерий завершения поиска оптимального варианта АТСС.

В качестве критерия завершения может быть выбрано прохождение алгоритмом определенного числа итераций, либо отсутствие изменений во вновь сгенерированной популяции.

Эволюционный алгоритм работает следующим образом (рис. 3): создается начальная популяция (вариантов АТСС), производится оценка популяции (запускается имитационная модель, соответствующая варианту АТСС и на основе полученных результатов производится оценка экземпляра популяции).

Популяция ранжируется в соответствии с критерием оптимизации (например, по производительности). Затем производиться получение новой популяции, с помощью оператора скрещивания и оператора мутации. Некоторое количество лучших экземпляров могут переходить в новую популяцию определенное число раз.

Переход лучших экземпляров предыдущей популяции в новую популяцию позволяет максимально приблизиться к глобальному минимуму. Уход от ловушки локального минимума осуществляется с помощью оператора мутации (в популяцию может быть добавлено свойство, которым не обладает ни один экземпляр популяции), таким образом, популяция получается более разнообразной.

Процесс генерации новых популяций продолжается до тех пор, пока не будет выполнен критерий завершения поиска.

Найденные локальные оптимумы по составляющим критерия эффективности АТСС представляются пользователю в виде списка (производительность, коэффициент загрузки оборудования, экономичность). Предоставлена возможность их визуализации, в виде трехмерной планировки, с информацией о параметрах найденной АТСС (рис.4).

Разработанный модуль оптимизации позволяет автоматизировать процесс выбора варианта АТСС в составе программного комплекса СИМАП, что в конечном итоге повысит скорость и качество проектирования ГАП.

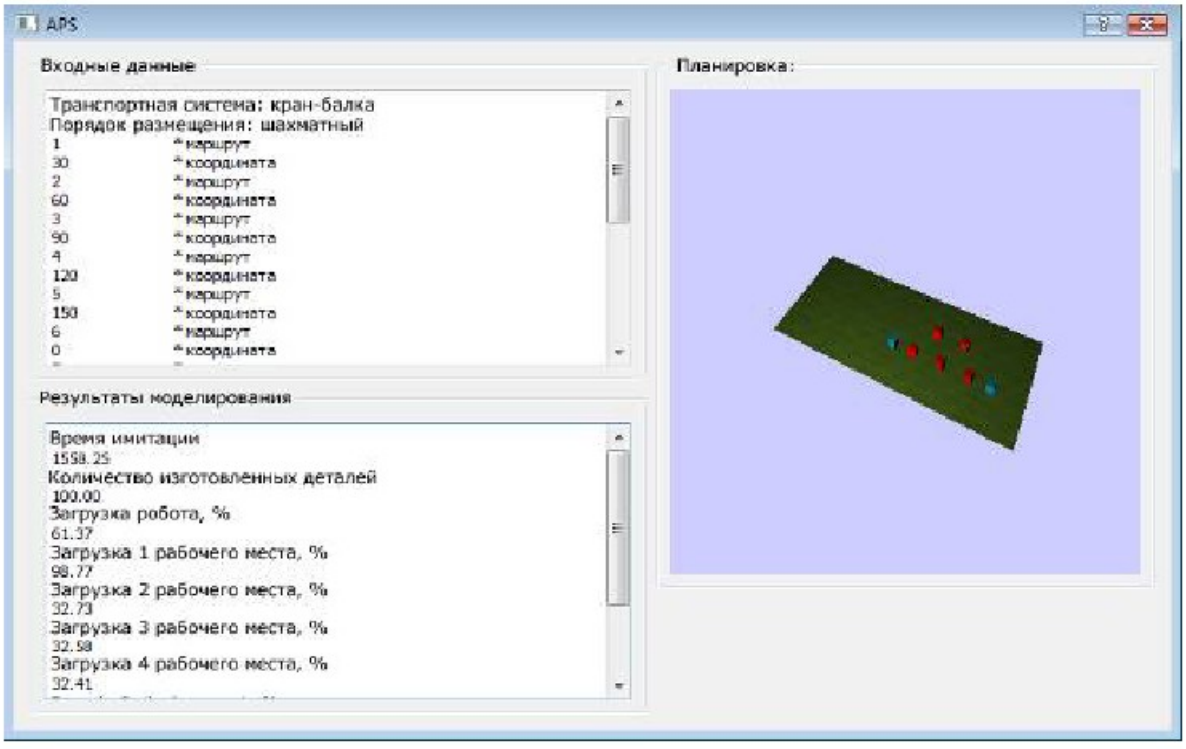

Рис. 4. Результаты моделирования варианта АТСС

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Полетаев, В. А., Зиновьев, В. В., Стародубов, А. Н., Чичерин, И. В.* Проектирование компьютерно-интегрированных производственных систем / под ред. В. А. Полетаева. – М.: Машиностроение, 2011. – 324 с.

2. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2009614095 «Имитационная модель транспортно-складской системы энерготехнологического комплекса»,2009.

3. *Секирин, А. И.* Программный комплекс для моделирования, анализа и оптимизации работы автоматизированных технологических комплексов механообработки // Международный сборник научных трудов «Прогрессивные технологии и системы машиностроения». – Вып. 25. –Донецк: ДонНТУ, 2003. – С. 198-203.

4. *Зиновьев, В.В.* Комплекс программ для проектирования производственных систем, функционирующих по безлюдной технологии / В.В. Зиновьев, А.Е. Майоров, А.Н. Стародубов, М.Ю. Дорофеев, А.И. Цигельников // Информационные технологии иматематическое моделирование (ИТММ-2009). Материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (13-14 ноября 2009 г.). – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2009. – Ч. 1. – 332 с.

5. *KwangY. Lee and Mohamed A El-Sharkawi.* Modern Heuristic Optimization Techniques. Theory and applications to power systems. 2008 by the Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.

6. *Mitsuo Gen, Runwei Cheng.* Genetic Algorithms and Engineering Design. – Wiley, 1997. – 432 p.

Авторы статьи:

Полетаев Вадим Алексеевич , докт. техн. наук, проф., зав. каф. информационных и автоматизированных производственных систем КузГТУ. Тел. 8-3842-39-69-44. E-mail: pva@kuzstu.ru

Цигельников Алексей Иванович , аспирант каф. информационных и автоматизированных производственных систем КузГТУ. Тел. 8-3842-39-69-44.

Зиновьев Василий Валентинович , канд. техн. наук, доцент каф. информационных и автоматизированных производственных систем КузГТУ. Тел. Тел. 8-3842-36-82-02. E-mail: z_v_v@pambler.ru

Стародубов Алексей Николаевич, канд. техн. наук, доцент каф. информационных и автоматизированных производственных систем КузГТУ. E-mail: staraleksei@rambler.ru