

ПРИМЕНЕНИЕ ПАТТЕРНОВ РАСКЛАДКИ ДЕТАЛЕЙ В АЛГОРИТМЕ НЕЛИНЕЙНОГО РАСКРОЯ ПЛОСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРОИЗВОЛЬНОЙ ФОРМЫ

В рамках [1] были определены цель, задачи и приоритетные направления социально-экономического развития страны, ключевые меры по их реализации, в частности одной из задач является проект по внедрению роботизированных программно-аппаратных комплексов в СООО «Белвест». Как было отмечено в [2] реализация данного проекта позволит значительно увеличить производительность труда, одновременно повысив качество и снизив издержки производства. В результате на предприятии ожидается увеличение объёмов производства обуви с текущих 700 тыс. пар в год до 3 млн. пар в год.

Внедряемые комплексы позволят автоматизировать такие операции на производстве как дефектовка кожтовара, раскроя, шершевания, намазки, наклейки и другие. Объектом исследований является одна из автоматизируемых операций – раскрой кожи. Предметом исследований при этом является алгоритм плотного нелинейного раскроя плоской поверхности произвольной формы (далее АПР).

Первоначально, при реализации проекта по автоматизации операции раскроя на предприятии было решено использовать проприетарное зарубежное программное обеспечение, реализующее АПР. Однако в силу лицензионного соглашения в него невозможно самостоятельно вносить изменения. Это приведёт к тому, что через некоторое время программное обеспечение морально устареет и перестанет удовлетворять пользователя по ряду показателей. В Республике Беларусь не осуществлялась разработка подобных алгоритмов, поэтому дальнейшая работа по исследованию данного направления является актуальной.

АПР относится к классу NP-трудных задач [3], не имеющих общепринятых способов решения. В общем случае нахождение оптимального решения таких задач не представляется возможным, так как для этого потребуются неоправданно большие вычислительные ресурсы и/или чрезмерное время. Поэтому при решении задач из данного класса обычно применяются различного рода оптимизации, в частности для задачи раскроя применяются эвристические алгоритмы, основанные на переборе [4] вариантов раскроя.

Сама по себе задача раскроя может быть сформулирована по-разному, в зависимости от накладываемых ограничений. Дальнейшие исследования ведутся для задачи с ограничением на минимальное количество отходов при раскрое. Т.е. требуется спланировать раскрой таким образом, чтобы минимизировать общие издержки при производстве некоторого количества изделий. В таком случае задачу можно сформулировать следующим образом: «Требуется на некоторой поверхности произвольной формы расположить некоторый набор деталей нелинейной формы так, чтобы суммарная площадь неиспользованной поверхности материала была минимальна».

Информацию о способе расположения деталей, не обязательно всех сразу, на отдельно взятом материале будем считать вариантом раскроя. Отметим, что любой рассматриваемый вариант раскроя должен обладать свойством полноты, которое обозначает, что при данном варианте раскроя ни одна деталь из имеющегося множества не может быть дополнительно расположена на материале. Данное требование позволяет не рассматривать варианты, которые будут заведомо не оптимальны.

При этом также стоит отметить, что применение данного алгоритма на массовом производстве накладывает более строгие ограничения по времени. Данное обстоятельство, а также то, что задача является NP-трудной, сводят задачу построения алгоритма к поиску некоторого допустимого решения, которое в общем случае не обязательно оптимально. В таком случае одной из задач при разработке АПР является подбор такого порогового значения, чтобы соотношение производительности и эффективности алгоритма было максимально сбалансированным.

Заметим, что при непрерывной работе программного обеспечения на основе АПР должна быть обеспечиваться комплектность раскраиваемых заготовок. В будущем АПР предлагается решить эту задачу основываясь на законе больших чисел. Массовость производства, а именно миллионы изделий, обеспечит кратность суммарного количества каждого вида детали количеству необходимых деталей этого вида в одном комплекте. Предполагается, что может быть произведена корректировка вероятностей выбора видов деталей при обнаружении сильных отклонений в пользу какого-либо определенного вида детали.

На данном этапе работы над АПР было решено исследовать следующие подходы к оптимизации:

- параллельные вычисления;
- оффлайновые вычисления;

- случайный перебор;
- метод ветвей и границ.

Рассмотрим два основных варианта применения АПР при работе производственной линии: онлайн и оффлайн вычисления.

Онлайн вычисления подразумевают поиск подходящего варианта раскроя материала в процессе работы линии. Данный вариант вычислений требует повышенной производительности алгоритма по ранее оговорённой причине сильно ограниченного времени, так как от операции раскроя зависят последующие этапы производства, а следовательно задержки на одном этапе приведут к нарушению работы линии в целом.

Оффлайн вычисления основываются на выносе расчётов вариантов раскроя за пределы производственной линии. Для данного подхода будем полагать, что точные размеры и детали материалов не известны. В таком случае будем просчитывать некоторые шаблоны или паттерны раскладки. Количество рассчитываемых паттернов будет варьироваться и зависеть от количества деталей, которые необходимо раскроить. На непосредственно производственной линии будет происходить лишь процесс оптимального расположения каких-либо выбранных паттернов, что позволяет получить более эффективный алгоритм, чем при онлайн вычислениях, в следствие возможности проверки большего количества вариантов за идентичное время. Однако даже при нахождении некоторых эффективных паттернов их конечное расположение на материале может оказаться не столь эффективным. Поэтому простая подготовка максимального числа эффективных паттернов не сработает без разрешения проблемы конечного применения этих паттернов к материалу.

Среди общих способов оптимизации, т.е. подходящих для обоих типов вычислений, решено рассмотреть оптимизацию методом случайного перебора. В таком случае при переборе вариантов, следующий для проверки вариант формируется с использованием некоторой случайности, что теоретически должно позволить снизить количество вариантов с недостаточной эффективностью.

Ещё одним вариантом снижения количества вариантов с недостаточной эффективностью, является использование метода ветвей и границ. Процесс генерации варианта размещения будет разбиваться на некоторые подзадачи, среди которых будут отброшены те, решение которых заведомо не является достаточно оптимальным.

Последней на данный момент рассматриваемой оптимизацией является распараллеливание вычислений. Это позволит рассмотреть больше вариантов за тоже время, однако при этом возникает проблема

не повторяемости рассмотренных вариантов разными вычислительными единицами. Стоит отметить, что в определенный момент увеличения количества вычислительных единиц, производительность алгоритма перестанет повышаться и начнёт снижаться. Следовательно количество таких единиц должно быть выбрано так, чтобы получить наилучший прирост производительности.

Выводы:

1. АПР ориентирован на массовое производство: характеристики алгоритма позволяют адекватно оценить его эффективность только при многократном применении. Характеристики могут быть использованы заказчиком при формулировке требований к алгоритму.

2. Оффлайн вычисления позволяют использовать больше времени чем, того позволяют онлайн вычисления, что позволит проверить и найти больше эффективных вариантов, но требует разрешения проблемы конечного размещения паттернов на материале.

3. Использование АПР в оффлайн вычислениях в совокупности с параллельными вычислениями, а также эвристическими оптимизациями продемонстрируют наилучший показатель эффективности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Об утверждении Программы социально-экономического развития Республики Беларусь на 2021-2025 годы : Указ Президента Респ. Беларусь, 29 июля 2021 г., № 292 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2021. – 1/19834.

2. Легкая промышленность в Республике Беларусь [Электронный ресурс] : аналитический обзор отрасли легкой промышленности за 2022 год / Национальное агентство инвестиций и приватизации Республики Беларусь. – Минск: Национальное агентство инвестиций и приватизации Республики Беларусь, 2023. – Режим доступа: <https://invest-inbelarus.by/upload/medialibrary/a14/ry0scom5bwyadjx6u1268ezjln4o9cr/Legkaya-promyshlennost.pdf>. – Дата доступа: 20.11.2023.

3. Approximation algorithms for NP-hard problems / University of California – Berkeley; ed.: Dorit S. Hochbaum. – Boston : PWS Publishing Company, 1997. – 618 p.

4. Смелов, В.В. Комбинаторные алгоритмы оптимизации / В.В. Смелов, А.И. Бракович. – Минск : БГТУ, 2011. – 178 с.