

процесса); снижение энергопотребления за счёт возможности уменьшения нагрузки на вычислительные мощности.

Выводы

Т.о., для обеспечения повышенной надежности программного обеспечения встраиваемых систем на базе ОС GNU/Linux может быть применен следующий комплекс решений:

- адаптация системы контейнеров для использования в ВС на основе ARM;
- создание подсистемы, обеспечивающей персистентность приложений;
- использование специальной оболочки для автоматизации и настройки описанных выше функций.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Коваленко, В.Ю. Архитектура портативного терминала для системы мониторинга паводка на базе платформы GNU/Linux: сборник конкурсных научных работ студентов и магистрантов. – Брест: БрГТУ, 2011. – Ч. 1. – С. 69–71.

2. Коваленко, В.Ю. Обеспечение повышенной надежности и длительности работы программного обеспечения встраиваемых систем на базе ОС GNU/LINUX / В.Ю. Коваленко // Современные проблемы радиотехники и телекоммуникаций РТ-2012: материалы 8-й Международной молодежной НТК. – Севастополь, 2012. – С. 369.

УДК 004.051

Кочурко В.А., Гречка А.В.

Научный руководитель: д.т.н., проф. Головкин В.А.

ЗАДАЧА ОПТИМИЗАЦИИ РАСПИСАНИЯ РАБОТ МАШИННО-ТРАНСПОРТНОГО ПАРКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

В рамках данной работы рассматривается вопрос оптимизации расписания работ техники сельскохозяйственного предприятия. Данный вопрос актуален как один из методов уменьшения издержек и повышения экономической эффективности хозяйствования.

Постановка задачи. Предметная область представляет собой сельскохозяйственное предприятие, создающее календарный план работ для каждой единицы техники.

Техника делится на два типа: силовая техника (трактора, комбайны) и обрабатывающая (сеялки, диски и т.д.).

Каждая единица такого календарного плана – одна операция, выполняемая либо одной единицей техники (комбайном), либо агрегатом из двух единиц техники разного типа (например, трактор + сеялка).

Каждая единица техники имеет набор операций, которые она способна выполнять; соответственно на одну выполнение операции некоторого типа можно назначить только такую технику либо агрегат, который способен выполнять такую операцию.

Формирование всего календарного плана происходит на основе карты технологий, которая предварительно составляется на основе базовых (справочных) технологий с добавлением специфики каждого отдельного предприятия.

Технологией называется совокупность операций, производимых каждая в строго отведенном временном интервале (таковой интервал носит название агросрок – интервал, когда допустимо и необходимо проведение соответствующей операции), и дополнительных условий для этих операций – например, количество используемых расходных материалов типа семена или удобрения; типы и площади полей, к которым применяется каждая из операций технологии.

Соответственно при составлении расписания (календарного плана) работ следует решить 2 основные проблемы: все работы должны производиться в строгом соответствии с предварительно заданной картой технологий, а само проведение всех операций должно сопровождаться минимизацией расходов на их проведение. Также следует учитывать, что все работы должны укладываться в нормативы – например, Трудового кодекса для учёта времени работы каждого отдельного водителя либо в заводские показатели единицы техники по максимальной ежедневной выработке.

Математическая модель. Формально предметную область можно описать в виде математической модели, имеющей некоторое количество жёстко заданных ограничений и целевую функцию, описывающую стремление расходов и издержек к минимуму.

Для формального описания системы введём понятие доли участия агрегата либо единицы техники в операции, которую можно описать формулой (1)

$$D_{ik} = \frac{\sum_j T_c \cdot P_{cijk} + \sum_j T_{oijk} \cdot P_{oijk}}{T_{фактик k}}, \quad (1)$$

где D_{ik} – доля участия i -го агрегата или единицы техники в k -й операции;

T_c – время одной смены (по законодательству – 8 часов);

P_{oijk} (P_{cijk}) – признак использования i -го агрегата в j -й день на k -й операции на неполной (полной) смене (0 – агрегат не используется, 1 – агрегат используется);

T_{oijk} – время остатка смены, час;

$T_{фактик k}$ – фактическое время работы на k -й операции, час.

Тогда введём основные формальные ограничения, действующие на данную систему.

Первое ограничение – все операции должны быть выполнены полностью, описывается формулой (2)

$$\forall k : \sum_i D_{ik} = 100\%, \quad (2)$$

где D_{ik} – доля участия i -го агрегата или единицы техники в k -й операции.

Второе ограничение – агрегат (либо единица техники) не может быть использован в один день одновременно в полную и в неполную смену, описывается формулой (3)

$$\forall i, j, k : P_{cijk} + P_{oijk} < 2, \quad (3)$$

где P_{oijk} (P_{cijk}) – признак использования i -го агрегата в j -й день на k -й операции на неполной (полной) смене (0 – агрегат не используется, 1 – агрегат используется).

Третье ограничение – непрерывность выполнения операции. На протяжении всего агросрока операции объём работ, выполненных по данной операции, должен с каждым днём увеличиваться, не прерываясь. Это ограничение описывается формулой (4)

$$\forall g \in [j_{нач} + 1; j_{нач} + j_{эс}]: \sum_{j=j_{нач}}^g Q_{ijk} \cdot (T_c \cdot P_{cijk} + T_{oijk} \cdot P_{oijk}) > \sum_{j=j_{нач}}^{g-1} Q_{ijk} \cdot (T_c \cdot P_{cijk} + T_{oijk} \cdot P_{oijk}), \quad (4)$$

где $j_{нач}$ – день начала выполнения k -й операции; $j_{эс}$ – длительность агросрока для этой операции; Q_{ijk} – объём работы, выполненный на k -й операции i -м агрегатом за 1 час.

Четвёртое ограничение связано с тем фактом, что агрегаты могут быть составлены из разных элементов, которые для разных агрегатов могут быть одинаковыми; т.е. в двух разных агрегатах может быть использован один и тот же конкретный трактор. Соответственно, занятость каждой отдельной единицы техники в качестве элемента агрегата

либо отдельно не может превышать временной норматив. Это ограничение описывается формулой (5)

$$\forall i, j: \sum_k (P_{cijk} \cdot T_c + P_{oijk} \cdot T_{oijk}) \leq T_{\text{раб}}, \quad (5)$$

где P_{oijk} (P_{cijk}) – признак использования i -го агрегата в j -й день на k -й операции на неполной (полной) смене (0 – агрегат не используется, 1 – агрегат используется);

$T_{\text{раб}}$ – нормативное время работы, час.

Тогда целевая функция описывается формулой (6)

$$\sum_i \sum_j \sum_k (A_{ijk} + O_{ijk} + \Gamma_{ijk} + Z_{ijk}) \rightarrow \min, \quad (6)$$

где A_{ijk} – амортизационные отчисления по i -му агрегату в j -й день на k -й операции;

O_{ijk} – ремонтные расходы по i -му агрегату в j -й день на k -й операции;

Γ_{ijk} – затраты топлива по i -му агрегату в j -й день на k -й операции;

Z_{ijk} – заработная плата по i -му агрегату в j -й день на k -й операции.

Подходы к решению задачи. Задача носит явный комбинаторный характер. Поэтому один из очевидных методов ее решения – перебор вариантов, в частности генетический алгоритм, как метод адаптивного перебора в пространстве поиска возможных решений. Но поиск возможных решений в данном случае – сама по себе задача довольно сложная и комбинаторная, т.к. существует довольно большое количество ограничений. Таким образом, генетический алгоритм хоть и неплохая модель решения в таком контексте (так как речь идет о комбинаторике, переборе) – в чистом виде неприемлем для решения данной задачи.

Не исключено, что система распределения техники по операциям для успешного функционирования должна включать и другие методы. Предполагаемые методы:

- элементы эвристики: для ускорения процедуры принятия решений, возможно, для исключения из пространства поиска очевидных неудовлетворительных решений;
- методы линейного программирования [1]: симплекс-метод, алгоритм Форда-Фалкерсона – для поиска возможного варианта расписания, генерация возможных решений;
- методы искусственных иммунных систем [2]: для оптимизации самого процесса функционирования системы (накопление опыта – возможно, каких-либо шаблонных решений);
- самоорганизующиеся искусственные нейронные сети [3]: для поиска оптимального с точки зрения экономических затрат варианта(-ов) распределения техники;
- методы функционирования мультиагентных систем: если рассматривать агрегаты как агенты системы, расписание – как некоторое информационное пространство, в котором они функционируют, а цель их совместного функционирования – поиск оптимального решения.

Модель решения. Для получения более близких к оптимальному результатов в разумное время следует использовать гибридный подход. Так, ядром решения будет являться генетический алгоритм, остальные методы будут играть вспомогательную роль.

В терминах ГА [4] задача принимает следующий вид:

- особь генетического алгоритма – это искомый результат, описание распределения техники по операциям – будем называть это расписанием;
- функция приспособленности – метрика данного расписания, вычисленная на основании жестких ограничений, заданных математической моделью, локальных ограничений, учитывающих специфику отдельного предприятия, и целевая функция;
- хромосома – это числовой массив данных, который однозначно характеризует расписание.

Основная проблема формализации задачи и, как следствие, ее решения связана именно с хромосомой. Для решения этой проблемы – проблемы формализации понятия хромосомы (и всего, что с ней связано) в этом контексте, необходимо ответить на ряд

вопросов: Какие именно параметры расписания наиболее четко и однозначно характеризуют его? Какие именно данные (или блоки данных) и каким образом будут представлены в хромосоме? Каким образом можно преобразовать хромосому в «возможное» или «правильное» расписание?

Введём трёхмерное пространство «агрегат»/«технологическая операция»/«дата». Такое пространство дискретно, притом в нём есть множество допустимых значений, которые не обязательно являются допустимыми решениями задачи. Расписанием в таком случае является подмножество точек (назовём их «кванты») из множества допустимых значений.

Каждый такой квант может иметь дополнительный набор параметров – например, удельный вес, приоритет и т.д. Часть этих параметров статична, часть подбирается случайным образом. Также, в зависимости от параметров, кванты могут включать друг на друга – включение в множество решений одного влияет на вероятность включения другого.

Тогда хромосома является массивом квантов с их параметрами. Однако набор квантов в хромосоме не является жёстко закреплённой информацией о расписании – скорее, это основание для эвристической обработки.

Разработка ПО. Решение задачи оптимизации производится при сотрудничестве с РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». В рамках данного сотрудничества разрабатывается программный комплекс, решающий более общую задачу на прикладном уровне.

В данный программный комплекс входят:

- информационное обеспечение – единая справочная БД, содержащая исходные данные по всем используемым в РБ типам техники, расходным материалам, базовым технологиям и т.д. Кроме справочной БД, есть административная БД, в которую вынесена информация об управлении доступом пользователей, обратная связь, журналирование, сбор анонимной статистики и т.д.;

- программное обеспечение – разрабатывается по моделям «клиент-сервер» и «тонкий клиент». Можно выделить три отдельных модуля ПО:

- административный модуль – модуль сопровождения справочной и административной БД;
- пользовательский модуль – модуль доступа к БД и настройки исходных данных для расчёта;

- расчётный модуль – модуль, производящий непосредственные расчёты и формирование оптимального расписания (либо рекомендации по реструктуризации входных данных в случае невозможности получения оптимального расписания);

- техническое обеспечение – вся серверная часть (БД, расчётный модуль) должна быть сконцентрирована в рамках некоторой локальной сети с высоким уровнем внутрисетевых коммуникаций для обеспечения приемлемого времени ответа при большом количестве одновременных заявок от пользователей.

Заключение. Согласно сведениям от РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», вышеописанная задача является актуальной; прогноз количества пользователей разрабатываемого программного комплекса уже на тестовом этапе составляет около тысячи предприятий.

Разработка вышеупомянутого программного комплекса производится в рамках дипломного проекта и магистерской диссертации авторов.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Томас Х. Кормен. Алгоритмы: построение и анализ. / Х. Томас Кормен [и др.] – 2-е изд. – М.: Вильямс, 2006. – 1296 с.
2. Дасгут, Д. Искусственные иммунные системы / Д. Дасгут [и др.] – М.: Физматлит, 2006. – 344 с.
3. Головкин, В.А. Нейронные сети: обучение, организация и применение: учебное пособие для вузов / В.А. Головкин; под общей ред. А.И. Галушкина. – М.: ИПРЖР, 2001. Кн. 4. – 256 с.
4. Гладков, Л.А. Генетические алгоритмы: учеб. пособ. / Л.А. Гладков, В.В. Курейчик, В.М. Курейчик. – 2-е изд. – М.: Физматлит, 2006. – 320 с.