

ПРИМЕНЕНИЕ ОПТИМИЗАЦИОННЫХ МЕТОДОВ В ЗАДАЧАХ ВЫБОРА И ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

ГВОЗДИНСКИЙ А.Н., ПОДДУБНЫЙ А.В.

Показывается принципиальная возможность использования методов эволюционной оптимизации в системах управления деятельностью предприятия. Исследуются возможности использования различных подходов к формированию исходного множества альтернатив, созданию алгоритмических и программных средств, обеспечивающих применение современных информатизационных технологий в управлении различными сферами деятельности предприятия.

1. Введение

В условиях рыночных отношений предприятие является сложной производственно-экономической системой с многогранной деятельностью, ключевым звеном экономики. Главная цель создания и функционирования предприятия – получение максимально возможной прибыли за счет реализации потребителям производимой продукции (выполненных работ, оказанных услуг), на основе которой удовлетворяются социальные и экономические запросы владельцев средств производства и работающих.

Качественным показателем деятельности предприятия является отлаженная система управления затратами (себестоимостью), основанная на данных управленческого учёта и увязанная с системой бюджетирования. Управление производством на современном промышленном предприятии является сложной, многокритериальной трудноформализуемой задачей, которая требует автоматизации и выработки новых подходов к ее решению. Сегодня в процессе оптимизации параметров деятельности предприятия как сложной системы применяются природные механизмы принятия решений; интенсивно разрабатывается такое научное направление как природные вычисления, объединяющее в себе математические методы, к которым можно отнести генетические алгоритмы, эволюционное программирование, нейросетевые вычисления, ДНК-вычисления, клеточные автоматы, муравьиные алгоритмы и прочие алгоритмы роевого интеллекта.

В настоящее время наиболее известным представителем эволюционных алгоритмов является генетический алгоритм, полученный в процессе имитации и синтеза свойств живой природы в искусственных системах. Цель генетического алгоритма при решении задачи оптимизации – нахождение лучшего возможного, но не гарантированного оптимального решения. Для реализации генетического алгоритма необходимо найти подходящую структуру данных для

представления решений. В постановке задачи поиска оптимума вариант этой структуры должен содержать информацию о некоторой точке в пространстве решений.

2. Анализ методов исследования

Цель работы – решение многокритериальной задачи управления производством на современном промышленном предприятии методом эволюционной оптимизации.

Главной особенностью предлагаемого в статье метода является отход от традиционной схемы «размножения», которая используется в большинстве реализованных генетических алгоритмах и повторяющих классическую схему, предложенную Голландом [1].

Классическая схема предполагает ограничение численности потомков через использование вероятности кроссинговера. Такая модель придаёт численности потомков вероятностный характер. Мы предлагаем отстраниться от вероятности кроссинговера и использовать детерминированное количество брачных пар в каждом поколении, учитывая, что каждая пара даёт два потомка. Эта процедура делает процесс поиска более управляемым и предсказуемым с учетом вычислительных затрат.

Наш метод применял два типа кроссинговеров: одно- и двухточечный в качестве генетических операторов получения новых генотипов «потомков», используя генетическую информацию родителей. Проведенные вычислительные эксперименты показали, что даже для простых функций нельзя говорить о преимуществе того или иного оператора. Более того, показано, что использование механизма недетерминированного выбора кроссинговера для каждой конкретной брачной пары оказывается более эффективным, чем детерминированный подход, так как априорно сложно определить, какой из двух операторов лучше подходит под каждый конкретный ландшафт приспособленности. Цель использования недетерминированного выбора заключалась в том, чтобы сгладить различия двух подходов и улучшить показатели среднего ожидаемого результата. Для всех тестовых функций наш выбор подтвердился, более того, в ряде случаев применение недетерминированного механизма в выборе кроссинговера дало лучшие результаты, чем подход с фиксированным набором пар.

Сущность исследования. Основным аппаратом для разработки системы производственного планирования был выбран метод многокритериальной оптимизации.

При обобщении таких свойств как приспособляемость к изменениям среды, естественный отбор и наследование потомками наиболее «ценных» свойств своих родителей получаем алгоритм, с помощью которого можно улучшить работу поисковых систем, оптимизировать работу нефтяных трубопроводов, распределение инструментов в производственных цехах.

Поиск оптимального решения похож на эволюцию популяции индивидов, которые представлены набором хромосом. В этой эволюции действуют три механизма, представленные на рисунке.



Схема генетического алгоритма

Детальнее распишем упомянутые механизмы.

После создания начальной популяции (начальной базы знаний) проводится отбор сильнейших наборов пар хромосом, которым соответствуют наиболее оптимальные решения. Далее проводится скрещивание для получения новых индивидов путем смешивания хромосомных наборов отобранных индивидов. Четвертый этап – мутации – преобразование хромосомы и недетерминированное изменение одного или нескольких генов (зачастую – одного). Основное применение алгоритма муравьиных колоний лежит в области комбинаторной оптимизации.

Суть данного метода заключается в анализе и моделировании поведения колонии муравьев, которые ищут путь к источнику пищи. Связь между муравьями осуществляется за счет феромона, при этом феромонные тропы представляют собой некоторую «коллективную память» муравьев.

При этом вероятность включения отдельного отрезка пути в маршрут отдельного муравья пропорциональна количеству феромона на этой тропе, а количество откладываемого феромона пропорционально длине маршрута. Чем короче маршрут, тем больше феромона будет отложено на его пути, а значит, большее количество муравьев будет добавлять его в схему собственного маршрута. Если использовать только положительную обратную связь, то это приводит к преждевременной сходимости – большинство муравьев двигается по локально оптимальному маршруту.

Этой ситуации можно избежать, моделируя отрицательную обратную связь в виде испарения феромона. При этом стоит учитывать, что если маркер испаряется быстро, то это приводит к потере памяти всей колонии и забыванию «хороших» решений. С другой стороны, большее время испарения может привести к получению устойчивого локального оптимального решения.

Наиболее популярное применение генетического алгоритма – оптимизация многопараметрических функций. Реальные задачи формируются как поиск оптимума сложной функции, которая зависит от выход-

ных параметров. Преимущество генетического алгоритма состоит в недетерминированности и способности манипулировать одновременно многими параметрами. В одних случаях мы получаем точное решение функции, в других – решением считается любое значение, лучшее от некоторой заданной величины. Из множества качественных показателей для оценки скрещивания выделены следующие критерии [2].

Величина прибыли, получаемой предприятием:

$$F_1(x) = \sum_{j=1}^n c_j x_j \rightarrow \max, \quad (1)$$

где x_j – множество видов продукции, которое выпускает предприятие.

Минимизация себестоимости:

$$\sum_{i=1}^n c_i * x_i \rightarrow \min. \quad (2)$$

Минимизация производственного времени:

$$\sum_{i=1}^5 T_i * x_i \rightarrow \min. \quad (3)$$

Показатель качества выпускаемой продукции:

$$\sum_{i=1}^5 k_i * x_i \rightarrow \max. \quad (4)$$

Так, задача планирования маршрута прокладки сетей трубопроводного транспорта включает в себя необходимость поиска оптимальной по критерию минимальности затрат (или, например, максимизации прибыли), последовательности объединения территорий городов и других населенных пунктов с учетом ограничительных условий, определяемых показателем спроса в каждом из них и характеристиками труб.

В данном случае задача исследования может быть сформулирована таким образом: определить оптимальный план $X^{(0)}$ производства продукции, удовлетворяющий указанным критериям.

Производственные ресурсы $V_1=(b_1, b_2, \dots, b_m)$ – лимит на выпуск продукции различных видов. С учетом норм затрат ресурсов на единицу каждого типа продукции эти ограничения можно записать в следующем виде:

$$AX < B^T, \quad (5)$$

$$X \geq 0, \quad (6)$$

где $A = \{a_{ij}\}$, $i = \overline{1, m}$, $j = \overline{1, n}$ – матрица норм затрат ресурсов на единицу каждого типа продукции.

Выражения (5), (6) описывают условия, которые необходимо учесть в планировании годовой производственной программы. Исходные данные обычно представляются в виде матрицы $A = |a_{ij}|_{m \times n}$. Строкам этой матрицы соответствуют все виды ресурсов, а компоненты вектора B являются ограничениями ви-

дов ресурсов или объёмов производства, которые установлены для годовой производственной программы предприятия. Выражение (6) представляет собой обычное условие неотрицательности, что вытекает из условия задачи.

Общая постановка задачи заключается в том, что необходимо определить вектор $X^{(0)}$, который обеспечивает компромисс между величиной прибыли (1), валовым объемом и минимальной себестоимостью (2), а также удовлетворяет ограничению минимизации производственного времени (5), (6).

Одно из возможных решений заключается в том, что вначале находится три оптимальных вектора производства $x^{(i)}$, каждый из которых соответствует одному из локальных критериев (5), (6). Затем определяется выпуклая линейная комбинация, которая представляет собой компромиссную (оптимальную) программу относительно указанных критериев:

$$X^{(0)} = v_1 x^{(1)} + v_2 x^{(2)} + v_3 x^{(3)}, \quad (7)$$

$$\sum_{i=1}^3 v_i = 1, v_i \geq 0. \quad (8)$$

3. Исследование и расчёт многокритериальной модели

Исходя из выбранных для исследования основных показателей качества, общая математическая модель задачи является многокритериальной, требующей для её разрешения различных оптимизационных методов.

Максимизация прибыли. Задача расчета показателей качества продукции относится к задачам линейной оптимизации. Общий вид:

$$\sum_{i=1}^s (P_i - c_i) * X_i \rightarrow \max. \quad (9)$$

Эту задачу обычно решают как задачу линейного программирования, например, симплекс-методом [3]. Его идея заключается в последовательном продвижении по базисам опорных планов до получения оптимального решения или доказательства неразрешимости задачи. При этом значение целевой функции увеличивается.

Минимизация себестоимости. Одна из целей состоит в том, чтобы себестоимость товара была минимальной и при этом никак не влияла на производство товара. Себестоимость представляет собой суммарные затраты на производство и реализацию продукции.

Минимизация производственного времени. Подобная минимизация может быть достигнута только при уменьшении продолжительности выполнения частных процессов, которые образуют производственный цикл в целом. Следовательно, для получения желаемого результата необходимо сокращать продолжительность выполнения каких-либо из этих процессов, выбирая их по определенному критерию.

Определение валового объема выпускаемой продукции. Необходимо следить за балансом между запасами и излишками на складах. Для решения этой задачи с использованием оптимизационных методов в качестве общей математической модели используется следующая:

$$\sum_{i=1}^5 X_i \rightarrow \max. \quad (10)$$

Для достижения поставленной цели необходимо найти оптимальное решение для каждой функции [4]. При этом вместо традиционных методов оптимизации, таких как методы эволюционной оптимизации и математическое программирование, будем использовать генетический муравьиный алгоритм:

1. Основа поведения муравьев – самоорганизация. Её принцип состоит в достижении глобальной цели в результате низкоуровневого взаимодействия элементов системы. Система использует только локальную информацию, при этом исключая любое централизованное управление и обращение к внешнему образу системы.

В начальный момент времени в функции базы знаний находится определенное количество муравьев, которое равно числу кластеров. При этом каждый муравей имеет строгую принадлежность к тому кластеру, из которого он начал своё движение. Его принадлежность кластеру проявляется в том, что муравей более восприимчив к феромону, оставленному муравьями из «своего» кластера. В нашей доменной области это можно представить так:

$$F_1 x = \sum_{j=1}^n C_j^{(1)} X_j \rightarrow \max, \quad (11)$$

где X_j – множество видов продукции, которое выпускает предприятие.

2. При переходе из одной функции в другую муравей оставляет на пересечении, которое соединяет эти функции, определенное количество феромона. Чтобы избежать заикливания движения муравьев, используется испарение феромона:

$$\sum_{i=1}^5 k_i * x_i \rightarrow \max. \quad (12)$$

Так, муравьиный алгоритм применяется на двух этапах анализа знаний системы. Сначала он запускается на многомерной модели базы знаний, после чего на основании его работы делаются первоначальные выводы. Далее модель упрощается: удаляются некоторые нерелевантные связи между функциями, а отдельные функции синтезируются в общие более крупные и структурные единицы, а структура знаний проецируется на двумерное пространство. После этого алгоритм запускается на упрощенной модели знаний. В результате смены поколений вырабатывается такое решение поставленной задачи, которое уже нельзя дальше улучшить.

4. Поиск оптимального компромиссного решения

После решения локальных задач оптимизации устанавливается мера оценки, которая указывает отклонение значений целевых функций при выборе единичного оптимального вектора производства от оптимальных значений остальных целевых функций [5].

Используется матричный метод решения, а скалярная характеристика считается по формуле:

$$A = \| a_{ij} \|_{mn} = \left| \frac{F_j(x_j) - F_i(x_i)}{F_j(x_j)} \right|, (i, j = 1, 3), \quad (13)$$

где F_j – значение локальной функции цели j -й задачи, вычисленной в результате подстановки решения первой задачи. Значение a_{ij} характеризует «качество» оптимальной производственной программы относительно F_j и представляет собой модуль потерь относительно этого показателя, если выполняется программа действий x_i вместо x_j .

5. Выводы

При разработке проектов комплексных систем перед проектировщиком возникает проблема принятия решений при наличии одновременно нескольких критериев качества. Поэтому разработка методов принятия решений в таких условиях (большинство задач проектирования) остается одной из самых востребованных задач в организационном управлении производством.

Теория принятия решений как наука предполагает различные средства моделирования целенаправленной деятельности. Существующие и развивающиеся подходы проникают в новые области автоматизированного управления, а полученные результаты позволяют не только рационально расходовать ограниченные ресурсы, но и развивают наши представления о возможностях изучаемых доменных областей. Была предложена типовая математическая модель исследуемой задачи.

Исследованы методы оптимизации в задачах принятия решений по различным критериям в системах организационного управления деятельностью предприятия.

В результате исследования построена математическая модель производства с технико-экономическими и экологическими ограничениями, выбран метод решения модели. Эффективность муравьиных алгоритмов сравнима с эффективностью общих эвристических

методов, а в ряде случаев – и с проблемно-ориентированными методами. Наилучшие результаты муравьиные алгоритмы показывают для задач с большими размерностями областей поиска.

Принцип решения полученной модели наиболее соответствует традиционным методам теории оптимизации. Метод решения разработанной математической модели основан на использовании методов теории принятия решений и генетического алгоритма. Он легко реализуется программно и позволяет найти оптимальное решение – один из вариантов решения проблемы, имеющий наилучшую оценку. По окончании применения разработанного нечеткого алгоритма муравьиных колоний для конкретной задачи прокладки нефтяного трубопровода, позволяющего учитывать неопределенность и нечеткость спроса на продукцию в населенных пунктах, увеличивается эффективность деятельности предприятия (максимизация прибыли и/или минимизация затрат).

Результатом применения предположенных методов является нахождение оптимальных по задаваемым критериям показателей деятельности предприятия.

Литература: 1. *Гвоздинский А.Н.* Методы аналитической обработки данных / А.Н. Гвоздинский, Е.Г. Климко. Радиоэлектроника и информатика. 2003. №4. С.111-114. 2. *Гвоздинский А.Н.* Применение методов эволюционной оптимизации для решения задач производственного планирования / АСУ и приборы автоматизации. 2011. №154. С. 97-102. 3. *Бондаренко М.Ф.* Оптимізаційні задачі в системах прийняття рішень: підручник / М.Ф. Бондаренко, А.М. Гвоздинський. Харків: ХТУРЕ, 1998. 219 с. 4. *Поддубный А.В.* Выбор решений в системах искусственного интеллекта методами эволюционной оптимизации / Радиоэлектроника и молодежь в XXI веке. 2013. №6. С. 330-331.

Поступила в редколлегию 23.11.2013

Рецензент: д-р техн.наук, проф. Куземин А.Я.

Гвоздинский Анатолий Николаевич, канд. техн. наук, профессор кафедры искусственного интеллекта ХНУРЭ. Научные интересы: оптимизация процедур принятия решений в сложных системах управления. Адрес: Украина, 61166, Харьков, ул. Академика Ляпунова, 7, кв.9, тел. 702-38-23.

Поддубный Александр Викторович, студент группы КН-10-5 кафедры искусственного интеллекта ХНУРЭ. Научные интересы: методы принятия решения в системах искусственного интеллекта. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Ленина, 14. тел. 093-948-19-44.