

УДК 621.9.025

Е.В. Мироненко, профессор, д-р техн. наук,**Л.В. Васильева, канд. техн. наук***Донбасская государственная машиностроительная академия,**ул. Шкадинова, 72, г.Краматорск, Украина, 84313**E-mail: ief@dgma.donetsk.ua***МЕТОД РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ ДЛЯ СИСТЕМЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ МЕХАНООБРАБОТКЕ***Анализируется возможность использования метода распознавания образов для выбора оптимального набора управляющих параметров процесса механообработки.****Ключевые слова:** классы состояний условий производства, многокритериальная оптимизация, распознавание образов.*

Выбор типа конструкции инструмента, его параметров, режимов резания должен быть количественно обоснован с учетом многих технических, экономических и эргономических критериев, причем принимаемые решения должны быть оптимальными. Эффективность выбора может быть обеспечена на основании анализа требований производства, который определяет выбор критериев оптимальности и методов оптимизации. Задачи многокритериальной оптимизации при рассмотрении достаточно больших и сложных систем, какой является технологическая система с участием человека, могут быть решены с привлечением эффективных математических методов, современных программных средств и средств вычислительной техники.

В задачах многокритериальной оптимизации предполагается, что формально критерии несравнимы и неявные предпочтения между критериями могут быть выявлены только лицом, принимающим решения (ЛПР). Множеством решений такой задачи считается минимальное множество в условиях частичного порядка в пространстве значений критериев:

$$P = \{a \in A \mid \exists d \in A: b \preceq a\}.$$

Это множество представляет собой поверхность в пространстве, размерность которого равна числу критериев. Для получения каждой точки множества необходимо решить оптимизационную задачу, так что множество решений представляется ЛПР в виде набора точек. При малом их количестве ЛПР не получает адекватного представления о всех решениях, при большом количестве возникает проблема выбора наилучшего.

В данной работе рассматривается процесс построения специальной алгоритмизируемой процедуры выбора нескольких, наиболее подходящих в данной ситуации, решений из широкого набора точек, аппроксимирующих множество решений. В теории принятия решений обычно предполагается, что ЛПР обладает неявно осознаваемыми предпочтениями на множестве критериев [1]. Цель экспертной системы и процедуры принятия решений – выявить эти предпочтения и найти соответствующие им оптимальные решения. Опыт проведения опроса ЛПР показывает, что он не всегда формулирует ряд «скрытых» или плохо осознаваемых факторов, приводящих к тем либо иным предпочтениям. Предполагается, что эти факторы приводят к разбиению исходного пространства всех возможностей-состояний на n классов, каждому из которых соответствуют примерно одинаковые предпочтения между критериями.

Для металлообработки такими классами являются: D_1 – дефицит рабочей силы (первый приоритет получает критерий напряженности труда); D_2 – дефицит твердого сплава; D_3 – отсутствие запаса инструмента; D_4 – узкое место на производстве; D_5 – дефицит электроэнергии и так далее [2].

Некоторые классы являются нетривиальными и принимаемое решение зависит от профессионализма ЛПР. Важно, что при проведении формального опроса, ЛПР не может определить, к какому именно классу относится его ситуация. В связи с этим в данной работе предлагается определить принадлежность к тому или иному классу косвенным путем на основании некоторой совокупности показателей. Одним из главных показателей служит вектор весов, которые приписывает ЛПР критериям. Если ЛПР уже задал некоторые веса критериев $u^1, u^2, \dots, u^W$, то возможно найти однозначно соответствующее им решение из множества Парето, воспользовавшись аддитивной сверткой критериев $f^1, f^2, \dots, f^W$:

$$x = \operatorname{argmin} \sum_{i=1}^W u^i f^i(x).$$

На основании весов критериев часто сложно судить о классе – совокупности производственных условий, в которых находится производственная система. Например, если ЛПР задает для критерия напряженности труда станочника вес $u^i = 10$, в то время как остальные веса $u^j = 1 (j = 1, \dots, i-1, i+1, \dots, W)$, то система находится в состоянии, принадлежащем классу «дефицит рабочей силы». В этом случае, вместо того, чтобы выдать ЛПР одно решение, соответствующее минимуму линейной свертки, диалоговая система предлагает набор решений, все из которых обладают низкой напряженностью труда. Дополнительными показателями могут быть $u^{W+1}, \dots, u^{W+P}$: срочность изготовления заказа, число инструментов на рабочем месте и т. д. Эти соображения послужили основой для разработки нижеследующей процедуры принятия решений.

В результате опроса ЛПР получены p чисел $u^1, u^2, \dots, u^P$, часть из которых являются весомерностями критериев: $u^1, u^2, \dots, u^W$, а остальные – дополнительными показателями, характеризующими совокупность производственных условий. Вектор $(u^1, u^2, \dots, u^P)$ однозначно определяет состояние производственной системы. Выбор Парето-оптимальных решений определяется отнесением заданного ЛПР вектора $u = (u^1, u^2, \dots, u^P)$ к одному из классов состояний $D_1, D_2, \dots, D_n$.

В геометрической постановке эта задача имеет следующий смысл. Любое состояние системы представляет собой точку в P -мерном пространстве. Классы состояний $D_i, (i = 1, 2, \dots, n)$, соответствуют областям рассматриваемого пространства признаков $u \in R^P$. Требуется найти решающее правило, в соответствии с которым предъявленный вектор u будет отнесен к определенной области состояний. Таким образом, задача сводится к разбиению пространства признаков на области $D_1, D_2, \dots, D_n$. Данная задача решается классической процедурой распознавания образов – методом разделяющих плоскостей [3]. Здесь классы $D_1, D_2, \dots, D_n$ задаются посредством «обучающей выборки» – набора точек $u^1, u^2, \dots, u^m \in R^P$, принадлежащих различным классам:

$$\{u^1, u^2, \dots, u^{m1}\} \subset D_1; \{u^{m1+1}, u^{m1+2}, \dots, u^{m1+m2}\} \subset D_2; \dots$$

Метод разделяющих плоскостей состоит в построении плоскостей L_{ij} , разделяющих классы: D_i и $D_j, i = 1 \dots n; j = 1, \dots, i-1, i+1, \dots, n$.

Дополнив число атрибутов еще одним (фиктивным) так, чтобы $\tilde{u} = (1, u) = (1, u^1, u^2, \dots, u^P) \in R^{P+1}$, а направляющий вектор плоскости L_{ij} в расширенном пространстве обозначить через $\tilde{\omega} \in R^{P+1}$, ищем

$$\min \sum_{s \in M_i} \omega_s u_s - \sum_{s \in M_j} \omega_s u_s > 0,$$

где $\{u_s, s \in M_i\}$ – точки обучающей выборки, принадлежащие первому классу D_i ; $\{u_s, s \in M_j\}$ – точки для второго класса D_j (рисунок 1).

Этот метод неудобен в случае большого числа классов, т.к. для каждой пары классов D_i, D_j необходимо построить свою разделяющую плоскость L_{ij} . Поэтому в данной работе предлагается рассматривать сумму квадратов расстояний от предъявленной экспертом точки – «реализации» u до каждой из групп точек обучающей выборки $\{u_s, s \in M_i\}$ принадлежащих классам $D_i, i = 1 \dots n$: $L_i = \sum_{s \in M_i} |u - u_s|$, где $|\cdot|$ – Евклидова норма, т.е.

$$L_i = \sum_{s \in M_i} \sum_{k=1}^P (u_k - u_s^k)^2.$$

Вектор u относят к состоянию D_i , если $L_i = \min_j L_j$. тогда $u \in D_i$, или, в другой форме $u \in D_i$, если $L_i < L_j (j = 1 \dots p, j \neq i)$.

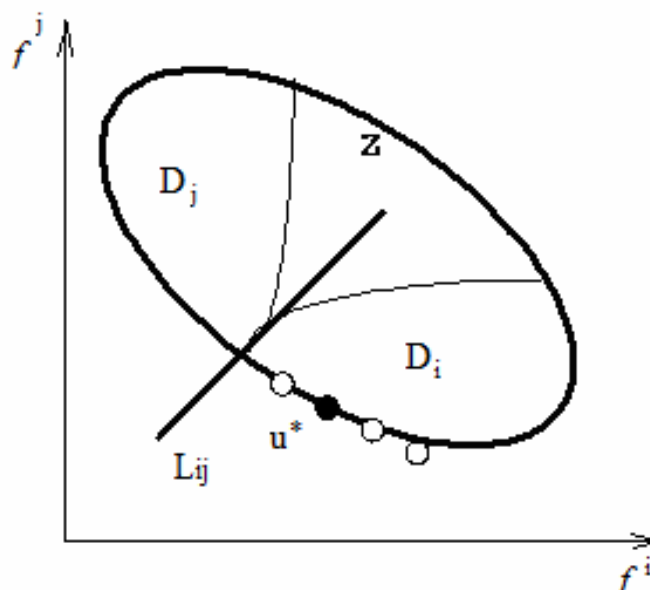


Рисунок 1 – Построение разделяющей плоскости для сечения МЭР:
 Z – область достижимых оценок; f^i – i -й критерий; f^j – j -й критерий;
 L_{ij} – разделяющая плоскость

В более строгой форме это условие принимается так: $L_j - L_i > \varepsilon$, где ε – порог распознавания ($\varepsilon > 0$). Можно ввести также следующее дополнительное условие: $u \in D_i$, если $|u - u_s| < \rho_i$, где ρ_i – радиус сферы, в которую должна входить точка для отнесения ее к состоянию D_i . Введение этих областей позволяет исключить случаи, когда расстояние L_i минимально, но точка u настолько удалена от области D_i , что решение $u \in D_i$ неправдоподобно. Если точка выходит из области, то происходит отказ от распознавания. В условиях реальной задачи области различных состояний могут перекрываться (дефицит твердого сплава и рабочей силы могут иметь место одновременно).

Надежность распознавания будет тем выше, чем меньше расстояние L_i по сравнению с другими расстояниями. Это характеризуется коэффициентом распознавания

$$\xi_i = \frac{1/L_i}{\sum 1/L_s}.$$

Величина ξ_i сходна с вероятностью верности определения состояния:

$$\sum_{i=1}^P \xi_i = 1.$$

Распознавание признается надежным, если $x_i > x_0$, где x_0 – заранее выбранный уровень распознавания. Чем меньше $|x_i - x_0|$, тем ближе к предельной, граничной области располагается объект, предъявленный для распознавания.

По предложенному алгоритму была предпринята попытка разбиения исходного пространства всех возможностей-состояний на классы при следующих условиях. Обработка велась на станках мод. 165 ($D_c = 1000$ мм, обработка деталей массой до 5000 кг, длиной до 2520 мм) и мод 1A64 ($D_c = 800$ мм). Обрабатывались детали типа валов, осей, валков, роликов и других тел вращения, с максимальным диаметром до 1000 мм. Обрабатываемым материалом была конструкционная сталь углеродистая и легированная (сталь 45, 40X, 55X и другие, HB190–240), сталь для прокатных валков, например 90ХНМФ и теплостойкая сталь (36Х2М2МФА, 38Х3МФА, 40Х2Н2МА и другие, HB 280–320). Осуществлялась как черновая, так и получистовая обработка с требованием обеспечения заданной чистоты обрабатываемой поверхности. В качестве инструмента использовались резцы высотой до 50 мм, напайные и со сменными многогранными пластинами (СМП) различных конструкций. Использовались твердые сплавы ТТ7К12, Т5К10, Т14К8, Т15К6, а также сплавы с различными износостойкими

покрытиями, после отделочно-упрочняющей обработки (виброабразивной обработки – ВО) и их сочетания (например: T5K10+ВО+(TiCr)N).

Было показано, что множество эффективных решений в данных условиях может быть разделено на три зоны: а) преимущественного значения производительности; б) преимущественного значения напряженности труда и расхода твердого сплава; в) зону «сильного компромисса». Тип конструкции резца, толщина пластины h , подача s должны выбираться в зависимости от значимости критериев оптимальности для конкретной производственной ситуации. Для зоны а) сборный резец с креплением многогранной пластины прихватом, режущих пластин толщиной h более 10 мм, подач более 1,1 мм/об при стойкости менее 25 минут; для б) сборный резец с многогранной пластиной с центральным отверстием, $h < 6$ мм, $s < 0,65$ мм/об, при стойкости T более 90 минут; для в) сборный резец с механическим креплением пластины прижимом, входящим в боковую выемку пластины, $h = 8-9$ мм, $s = 8-1,0$ мм/об и $T = 40-60$ минут.

Рассмотренный алгоритм позволяет совершенствовать процесс нахождения оптимального значения управляющих параметров. Предложен метод разбиения всех возможных состояний производственной системы на классы – совокупности производственных условий и отнесения производственной ситуации к тому или иному классу на базе метода распознавания образов.

Библиографический список использованной литературы

1. Дуда Р. Распознавание образов и анализ сцен / Р. Дуда, П. Харт. — М.: Мир, 1978. — 414 с.
2. Васильева Л.В. Исследование критериев оптимальности процесса механообработки / Л.В. Васильева, Е.В. Мироненко // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем: зб. наук. праць. — Краматорськ: ДДМА, 2009. — Вип. 24. — С. 102–105.
3. Ту Дж. Принципы распознавания образов / Дж. Ту, Р. Гонсалес. — М.: Мир, 1978. — 411 с.

Поступила в редакцию 3.03.2011 г.

Мироненко Є.В., Васильєва Л.В. Метод розпізнавання образів для системи ухвалення рішень при механообробці

Аналізується можливість використання методу розпізнавання образів для вибору оптимального набору керуючих параметрів процесу механообробки.

Ключові слова: класи станів умов виробництва, багатокритеріальна оптимізація, розпізнавання образів.

Mironenko E.V., Vasilyeva L.V. Method of pattern recognition for the system of decision making at tooling

The analysis of a possibility to use a method of pattern recognition is conducted for the selection of the optimal set of control parameters of the tooling process.

Keywords: classes of the states, condition of production, multicriterion optimization, recognition of patterns.