процессе. Это технология, которая используется преподавателем, которая повышает доступность и качество образования там, где просто нет высоклассных педагогов. Распространение ИИ в дальнейшее развитие информационной системы поможет преподавателям находить учебный материал, придумывать темы для занятий и предоставит ещё множество возможностей использования: развитие навыков, мативация и интерес, социальная сфера, обратная связь, обучение на примерах, развитие критического мышления…

ЛИТЕРАТУРА

1. Ерёмина Е.В. Управление персоналом / Е.В. Ерёмина, В.Н. Ретинская – Пенза.: ПГУ, 2007 – 86 с.
2. Леонгард К. Акцентуированные личности/К. Леонгард – Киев: Выща школа, 1989. – 375 с.
3. Тихомиров О.К. Психология мышления/ О.К. Тихомиров. – М.: Academia, 2008. – 288с.
4. Шевандрин Н.И. Психодиагностика, коррекция и развитие личности/ Н.И. Шевандрин – М.: Гуматин. изд. Центр ВЛАДОС, 1998. – 512с.

УДК 004.021

В.В. Смелов, доц. (БГТУ, г. Минск)

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ЭФФЕКТИВНОГО НЕЛИНЕЙНОГО РАСКРОЯ ПЛОСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПРОИЗВОЛЬНОЙ ФОРМЫ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМАХ

Введение. Алгоритм плотного нелинейного раскроя плоской поверхности произвольной формы (АПР) применяется при раскрое тканей и кожи, раскрое дерева и металла. В простейшем случае, алгоритм предполагает заданными поверхность для раскроя и набор образцов – лекал, определяющих форму деталей, из которых изготавливаются изделия. Результатом работы алгоритма является план раскроя этой поверхности, минимизирующий неиспользованную её площадь. Общая постановка задачи раскроя материала известна как Cutting Stock Problem (CSP) [1], относится к классу NP-полных задач математического программирования. Считается, что впервые CSP-задача сформулирована для линейного раскроя Л.В. Кантаровичем в 1939 году в [2] и [3]. Построение плана раскроя в работах сводится к решению задачи линейного программирования. Смежной задаче плотного раскроя является задача плотной упаковки. Поэтому часто говорят о задаче раскроя-упаковки, используют термин «Cutting and Packing Problem» и сокращение C&P. В [4] предложена система классификации C&P-задач, условие которых формулируется в общем виде как рациональное размещение объектов в контейнере. В соответствии с этой классификацией, рассматриваемая в статье задача относится к классу 2/V/D/F.

Большой вклад в развитие методов решения C&P-задач внесли уфимская и харьковская научные школы под руководством членов ESICUP-сообщества [5] Э.А. Мухачевой и Ю.Г. Стояна. Развитие этих методов рассматривается в докторской диссертации В.А. Чеканина [6].

Постановка задачи. Рассмотрим узел A производственной системы, осуществляющий построение плана раскроя n плоских поверхностей $P = \{p_i, i = \overline{1,n}\}$ произвольной формы. Заданы m лекал $L = \{l_i, i = \overline{1,m}\}$ комплекта деталей и их кратность $K = \{\, k_i,\ i = \overline{1,m}\}$ в этом комплекте. Поверхности P и лекала L заданы в форме простых полигонов. Далее не будем различать далее P, L и соответствующие полигоны. На вход узла A последовательно поступают полигоны $P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$. Предполагается: координаты точек этих полигонов могут быть измерены только в узле A, координаты $L = \{l_1, l_2, \dots, l_m\}$ известны предварительно. Результатом обработки каждого полигона $p_i \in P$ является план раскроя $\bar{v}_i \in \bar{V}$, описываемый двойкой $\bar{v}_i = \langle p_i, \bar{L}_i \rangle$, где $\bar{L}_i = \{\bar{l}_{i_1}, \bar{l}_{i_2}, \dots, \bar{l}_{i_k}\}$ – множество полигонов, каждый из которых $\bar{l}_{i_j} = \bar{\alpha}_{i_j}(l), j = \overline{1,k}$ – результат выполнения комбинации аффинных [7] преобразований $\bar{\alpha}_{i_j}$ полигона $l \in L$. Считаем далее справедливым утверждение:

$$\forall(p, l)\ | p \in P, l \in L \colon \exists \alpha(l) \subseteq p. \tag{1}$$

В общем случае в узле A операция раскроя одного и той же поверхности p_i выполняться несколько раз: будем говорить о вариантах (попытках) раскроя $v_i^t = \langle p_i, L_i^t \rangle$, где t – номер варианта, а $L_i^t = \{l_{i,r}^t, r = \overline{1, r_i^t}\}$ – r_i^t полигонов $l_{i,r}^t = \alpha_{i,r}^t(l)$, полученных в результате выбора лекал $l \in L$ и их преобразования $\alpha_{i,r}^t$. Будем предполагать, что множество $L_i^t = \{l_{i,r}^t, r = \overline{1, r_i^t}\}$ обладает свойством полноты, если выполняются три условия:

$$\begin{aligned} &1)\ \forall\left(l_{i,r}^t \in L_i^t\right) \colon l_{i,r}^t \subseteq p_i; \\ &2)\ \forall\left(\{l_{i,j}^t, l_{i,k}^t\} \subseteq L_i^t\right) \colon l_{i,j}^t \cap l_{i,k}^t = \emptyset; \\ &3)\ \forall\, l \in L \colon \left(\nexists \alpha | \alpha(l) \subseteq p_i \wedge \alpha(l) \cap \cup_r l_{i,r}^t = \emptyset\right). \end{aligned} \tag{2}$$

Введём ограничение $\bar{t}\ \geq 1$ на количество t_i попыток построения плана раскроя поверхности $p_i \in P$. Тогда $V_i = \{v_i^t, i = \overline{1, t_i}, t_i \leq \bar{t}\}$ –

множество вариантов плана раскроя поверхности p_i.

Введём оператор **gen**, принимающий три параметра: p_i – полигон поверхности, L – множество полигонов лекал и K – коэффициенты кратности лекал в комплекте. Каждое применение оператора **gen** приводит к генерации нового плана раскроя заданной поверхности. Построение V_i сводится к применению $t_i \le \bar{t}$ раз оператора:

$$v_i^1 = \boldsymbol{gen}(p_i, L, K),\ v_i^2 = \boldsymbol{gen}(p_i, L, K),\ \dots,\ v_i^{t_i} = \boldsymbol{gen}(p_i, L, K) \quad (3)$$

Предполагается, что для каждой поверхности $p_i \in P$ может быть вычислена мера $\|p_i\|$, а для каждого лекала $l_j \in L$ мера $\|l_j\|$ известна. Для оценки эффективности варианта $v_i^t \in V_i$ плана раскроя поверхности $p_i \in P$ будем использовать метрику $\mu(v_i^t) = \frac{\|L_i^t\|}{\|p_i\|}$. Кроме того, введем понятие достаточной эффективности плана раскроя $\bar{\mu}$ и будем предполагать: если в результате выполнения оператора $\boldsymbol{gen}$ для поверхности p_i найден план v_i^t для которого $\mu(v_i^t) \ge \bar{\mu}$, то v_i^t – искомый план раскроя p_i и дальнейшие итерации построения планов для этой поверхности не имеют смысла.

Эффективность плотного раскроя. Пусть $\boldsymbol{Q} = \{q_{i,j}\}_{n\times m}$ – матрица размерности $n \times m$, значение каждого элемента $q_{i,j} \ge 0$ которой равно количеству применённых лекал l_j, $j = \overline{1,m}$ при построении плана раскроя поверхности $p_i \in P$, тогда

$$\bar{Q} = \left\{\bar{q}_j = \left\lfloor \frac{1}{k_j} \sum_{i=1}^{n} q_{i,j} \right\rfloor, k_j \in K, j = \overline{1,m}\right\} –$$

множество, каждый элемент $\bar{q}_j$ которого равен максимальному целому количеству комплектов деталей, которые можно изготовить с применением $\sum_{i=1}^{n} q_{i,j}$ деталей, изготовленных с помощью лекала l_j, а значение $\bar{\bar{q}} = \min_{\bar{Q}} \bar{q}_j$ – максимальное целое количество комплектов деталей, которые можно изготовить из деталей полученных после раскроя всех поверхностей P.

Величину

$$\mu(\bar{V}) = \frac{\bar{\bar{q}} \sum_{j=1}^{m} k_j \|l_j\|}{\sum_{i=1}^{n} \|p_i\|} \quad (4)$$

будем назвать эффективностью раскроя множества поверхностей P.

Предполагаем далее, что в среднем процедура, реализующая **gen**, выполняется за δ единиц времени. Тогда в соответствии с обозначениями в (3) среднее время раскроя поверхности $p_i \in P$ будет близко к величине $t_i\delta$, продолжительность раскроя всех поверхностей P можно считать приблизительно равной $\mathrm{T} = \delta \sum_{i=1}^{n} t_i$ единиц, а за среднюю продолжительность раскроя одной поверхности можно принять значение $\tau = \frac{1}{n}\mathrm{T} = \frac{\delta}{n}\sum_{i=1}^{n} t_i$. Пусть $\hat{\tau}$ – максимально допустимое в среднем время, которое может быть затрачено в узле A на раскрой одной поверхности, а $\check{\mu} \in (0{,}1]$ – минимально допустимая эффективность раскроя n поверхностей. Задачу эффективного раскроя поверхностей $P = \{p_i, i = \overline{1,n}\}$ на заданные лекалами $L = \{l_i, i = \overline{1,m}\}$ комплекты деталей с их $K = \{ k_i,\ i = \overline{1,m}\}$ кратностью в одном комплекте можно сформулировать как решение системы двух неравенств:

$$\begin{cases} \mu(\bar{V}) \geq \check{\mu} \\ \tau \leq \hat{\tau} \end{cases}. \tag{5}$$

Заметим далее, что величины $\mu(\bar{V})$ и τ являются случайными величинами в виду непредсказуемости формы и меры поверхностей $p_i \in P$, поступающих в узел A. Учитывая это обстоятельство, система неравенств (5) примет следующий вид:

$$\begin{cases} \mathbf{P}(\mu(\bar{V})) \geq \check{\mu}) > 1 - \varepsilon_\mu \\ \mathbf{P}(\tau \leq \hat{\tau}) > \ 1 - \varepsilon_\tau \end{cases}, \tag{6}$$

где $\mathbf{P}(\mu(\bar{V}) \geq \check{\mu})$ – вероятность выполнения неравенства $\mu(\bar{V}) \geq \check{\mu}$, $\mathbf{P}(\tau \leq \hat{\tau})$ – вероятность выполнения неравенства $\tau \leq \hat{\tau}$, $\varepsilon_\mu \in (0{,}1)$ – вероятность, что эффективность раскроя $\mu(\bar{V})$ множества поверхностей P будет меньше заданной величины $\check{\mu}$; $\varepsilon_\tau \in (0{,}1)$ – вероятность, что средняя продолжительность раскроя одной поверхности $p_i \in P$ будет превышать заданную величину $\hat{\tau}$. Вероятности ε_μ и ε_τ предполагаются заданными и характеризуют, соответственно, риск сверхнормативных издержек и риск нарушения ритмичности процесса раскроя поверхностей.

При заданных P, L, K, δ, $\check{\mu}$, $\hat{\tau}$, ε_μ, ε_τ решение задачи эффективного нелинейного раскроя плоских поверхностей произвольной формы в производственных системах сводится к разработке алгоритма, реализующего оператор **gen,** а также экспериментальному подбору параметров $\bar{\mu}$ и $\bar{t}$, удовлетворяющих системе вероятностных неравенств (6).

ЛИТЕРАТУРА

1. Robert W. Haessler, Paul E. Sweeney, Cutting stock problems and solution procedures // European Journal of Operational Research. – Vol. 54, Issue 2, 1991. – P. 141-150. – URL: https://doi.org/10.1016/0377-2217(91)90293-5.

2. Л.В. Кантарович. Математические методы в организации и планировании производства. – Изд-во ЛГУ, 1939 (воспроизведено в сб.

«Применение математики в экономических исследованиях», М: Соцгиз, 1959).
3. Рациональный раскрой промышленных материалов / Л.В. Канторович, В.А. Залгаллер. – Новосибирск: Наука СО, 1971. – 320 с.
4. Dyckhoff, H. A typology of cutting and packing problems / H. Dyckhoff // European Journal of Operation Research. – 1990. – Vol. 44. – P. 145-159.
5. ESICUP – URL: https://www.euro-online.org/websites/esicup/.
6. Чеканин В.А. Развитие методов решения задач плотной упаковки объектов произвольной формы и различной размерности: дисс. на соискание ученой степени докт. техн. наук: 05.01.01 – Московский государственный технологический университет «СТАНКИН», 2021, – 435 с.
7. Роджерс Д., Адамс Дж. Математические основы машинной графики. – М.: Мир, 2001. – 604 с.

УДК 004.02

А.С. Ромыш, маг.; Н.Н. Пустовалова, доц.
(БГТУ, г. Минск)

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ И СТРУКТУРА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫМИ РИСКАМИ

Высокая степень точности оценки рисков информационной системы (ИС) важна не только для внутренних целей организации, но и при взаимодействии с представителями внешних организаций, таких как аудиторы надзорных органов и сотрудники страховых компаний. Страховые компании могут быть заинтересованы в завышении оценочной стоимости рисков ИС с целью повышения доходности, а надзорные органы с целью снятия с себя ответственности в случае возможных инцидентов в подотчетных организациях.

Функциональная модель процесса управления информационными рисками, основана на применении SADT-методологии, которая представляет собой совокупность методов, правил и процедур, предназначенных для построения функциональной модели объекта какой-либо предметной области. Использование этой методологии позволяет обоснованно выбрать состав и функции основных этапов анализа и управления рисками добровольного страхования медицинских рисков.

Описание функциональных подсистем. Идентификация рисков − формирование перечня ресурсов, выделение групп ресурсов, выделение опасных состояний для ресурсов.

Предварительная оценка рисков − выделение опасных состояний