УДК 004.032.26

ОБ ОДНОМ ПОДХОДЕ К АВТОМАТИЗАЦИИ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ СОСТАВЛЕНИЯ РАСПИСАНИЯ ЗАНЯТИЙ

И. И. МАКОВЕЦКИЙ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Автоматизация решения задачи составления расписания занятий в учреждении образования является актуальной [1]. Подходы, изложенные в классической теории расписаний [2], не позволяют решать задачу за обозримое время, что особенно важно в случае большого количества входных данных.

В данной работе предложен подход к автоматизации решения задачи составления расписания с помощью обучения нейронной сети.

Расписание занятий – это конечное множество векторов

$$S = \{s_1, ..., s_N\},$$

где каждый вектор $s_i \left(i = \overline{1, N}\right)$ является вектором вида

$$l_i = \left(d_k, t_m, g_p, f_j, r_s, day_q, pair_z\right).$$

Здесь $\{d_k\}$ – множество дисциплин $\left(k = \overline{1, K}\right)$; $\{t_m\}$ – множество преподавателей $\left(m = \overline{1, M}\right)$; $\{g_p\}$ – множество групп $\left(p = \overline{1, P}\right)$; $\{f_j\}$ – множество форм проведения занятий $\left(j = \overline{1, J}\right)$; $\{r_s\}$ – множество аудиторий $\left(s = \overline{1, S}\right)$; $\{day_q\}$ – множество рабочих дней недели $\left(q = \overline{1, 6}\right)$; $\{pair_z\}$ – множество временных ячеек расписания занятий (пары) $\left(z = \overline{1, Z}\right)$. Обозначим $w = \left\{\left(day_q, pair_z\right)\right\}$ – множество слотов расписания, $|w| = 6Z$.

Множество занятий $\{l_i\} = \left\{\left(d_k, t_m, g_p, f_j\right)\right\} \left(i = \overline{1, N}\right)$ предопределяется учебными планами, распределением учебной нагрузки на кафедрах, а решение задачи о составлении расписания состоит в предсказании для каждого l_i соответствующего s_i -набора $\left(r_s, w_n\right)$. При этом необходимо учитывать определенные требования, такие как цикличность расписания, отсутствие пропусков между занятиями (так называемые «форточки»), ограничение по количеству занятий у группы в один день, а также не допускать накладок и т. д.

Пространство действий, доступных при построении расписания, имеет вид

$$a = (r, w) \in \mathcal{A} = \{r_s\} \times \{w_n\}.$$

Информацию о назначениях будем хранить в матрице назначений

$$X = \{0,1\}^{N \times S \times 6 \times Z},$$

где $X_{i,r,w} = 1$, если занятие *i* установлено в аудиторию *r* в слот *w*.

Обозначим capacity(r) – вместимость аудитории r; size(g) – количество студентов группы g; kind(r) – тип аудитории r; allow(f) – тип аудитории, разрешенной для вида занятий f.

Математическая модель ограничений имеет вид

$$\sum_{r,w} X_{i,r,w} = 1 \ \ \forall i; \tag{1}$$

$$\sum_{i:t_i=t} \sum_{r} X_{i,r,w} \le 1 \ \ \forall t, w; \tag{2}$$

$$\sum_{i:g_i=g} \sum_{r} X_{i,r,w} \le 1 \ \forall g, s; \tag{3}$$

$$\sum_{i} X_{i,r,w} \le 1 \ \ \forall r, w; \tag{4}$$

$$X_{i,r,w} = 0, \text{ если } \text{capacity}(r) < \text{size}(g_i); \tag{5}$$

$$X_{i,r,w} = 0, \text{ если } \text{kind}(r) \notin \text{allow}(f_i). \tag{6}$$

При ограничениях (1)–(6) используем функцию потерь вида

$$\mathcal{L} = \sum_{k} \lambda_k \mathcal{L}_k,$$

где

$$\mathcal{L}_1 = \frac{1}{N} \sum_{i} \left(\sum_{r,w} X_{i,r,w} - 1 \right)^2;$$

$$\mathcal{L}_2 = \sum_{t,w} \text{ReLU} \left(\sum_{i:t_i=t} \sum_{r} X_{i,r,w} - 1 \right)^2;$$

$$\mathcal{L}_3 = \sum_{g,w} \text{ReLU} \left(\sum_{i:g_i=g} \sum_{r} X_{i,r,w} - 1 \right)^2;$$

$$\mathcal{L}_4 = \sum_{r,w} \text{ReLU} \left(\sum_{i} X_{i,r,w} - 1 \right)^2;$$

$$\mathcal{L}_5 = \sum_{i,r,w} 1 \left[\text{capacity}(r) < \text{size}(g_i) \right] \cdot X_{i,r,w};$$

$$\mathcal{L}_6 = \sum_{i,r,w} 1 \left[\text{kind}(r) \notin \text{allow}(f_i) \right] \cdot X_{i,r,w}.$$

Архитектура искусственной нейронной сети базируется на Transformer Encoder с self-attention. Входные данные имеют вид обучаемых эмбеддингов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Аль-Габри, В. М. Н.** Обзор литературных источников по теме «Автоматизация составления расписания занятий и экзаменов в высших учебных заведениях» / В. М. Н. Аль-Габри // Вестник Донского государственного технического университета. – 2017. – Т. 17, № 1 (88). – С. 132–143.

2. **Коффман, Э. Г.** Теория расписаний и вычислительные машины / Э. Г. Коффман. – М. : Наука, 1984. – 333 с.