

МОДЕЛЬ ПОСТРОЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ШАГОВ ТРУДОВОГО ПРОЦЕССА

Введение. Планирование времени проекта, прогнозирование трудозатрат или любой другой анализ трудовых процессов непосредственно связан с производительностью исполнителя трудовых процессов. Однако производительность сотрудника предприятия не является величиной постоянной, её природа изменчива и имеет нелинейный характер. Очевидно, что в течение рабочего дня, в силу разных обстоятельств, динамика производительности сотрудника может меняться. Некоторые предприятия проводят расчеты норм труда из выборочной группы или всех сотрудников предприятия, не акцентируя внимание на то, что отдельные сотрудники отличаются друг от друга значениями индивидуальной интенсивности труда и потенциальной продуктивностью. Эти усредненные величины лишь отчасти коррелируют с повседневной, меняющейся в течение рабочего дня, продуктивностью отдельных лиц. Именно поэтому, данный метод не подходит в задачах управления трудовыми ресурсами в режиме реального времени. Длительность трудовых действий исполнителя, в период работы над единицей продукта труда, имеет вариативный характер, в силу этого существует необходимость исследования трудовых процессов с позиций вероятностного подхода.

Как известно, для наиболее эффективной работы предприятия, продуктивность сотрудников должна стремиться к максимуму. Мониторинг и управление трудовым процессом сотрудника (в режиме реального времени), показывает значительное влияние на его конечную производительность, если данному управлению предшествует системный анализ результатов мониторинга [1]. Ведь, как известно, если запланированное исполнителем время для решения производственной задачи больше необходимого, то трудовой процесс «растягивается» на запланированный период, а не решается исполнителем в соответствии с реально необходимым объемом времени [2]. В обратном же случае, если время слишком короткое – это приводит к необходимости сверхурочной работы. Видимо наиболее эффективный режим находится где-то между этими двумя крайностями и прямо зависит от планируемой продолжительности работы.

Именно поэтому, в вопросе управления трудовыми процессами, среди факторов оказывающих влияние на конечную производительность сотрудников, стоит выделить: динамический контроль трудового процесса, использование математического аппарата при анализе и разработке рекомендаций лицам принимающим решения, а также объективную оценку возможностей и способностей исполнителя.

Продуктивность отдельных шагов в трудовом процессе имеет стохастический характер, как показывает анализ результатов мониторинга трудовой деятельности работников [3]. Это приводит к тому, что управление производительностью сотрудника предприятия непосредственно связано с анализом функции распределения как временных, так и качественных характеристик элементов трудового процесса, что имеет решающее значение в вопросе оптимального моделирования трудовых процессов.

Данные обстоятельства приводят автора к позиции вероятностного подхода в задаче моделирования распределения трудовых действий. Предлагаемая автором модель учитывает изменчивость продуктивности сотрудника в течение рабочего дня, и строит распределение согласно функциям оценок, разработанных на основе как временных, так и качественных характеристик трудовой деятельности сотрудника.

Разработка математической модели построения оптимальной последовательности шагов трудового процесса. Моделирование трудового процесса сотрудника строится на базе вероятностного подхода. Необходимым условием использования вероятностной модели является наличие статистической базы зарегистрированных компонентов модели и их характеристик, которые регистрируются в процессе трудовой деятельности сотрудника предприятия. Под компонентами вероятностной модели предполагаются действия сотрудника, предметы труда и их свойства.

Вероятностная модель трудового процесса сотрудника представляется следующим кортежем:

$$\lambda = \langle C, D, R, A, B, \pi \rangle \quad (1)$$

где C – типы продуктов труда сотрудника предприятия. Ввиду возможности исполнения сотрудником разнородной трудовой деятельности, в данной модели каждый из типов производственных заданий характеризует конкретный тип продукта труда, получаемый в результате исполнения трудового процесса сотрудником предприятия. Не только разные сотрудники, но и один и тот же человек может получить одинаковый тип продукта труда, в результате исполнения разнородных трудовых процессов. Множество типов продуктов труда представим в виде набора $C = \{c_1, c_2, \dots, c_K\}$, где K – количество сотрудников предприятия. Количество продуктов труда в трудовой деятельности k -го сотрудника предприятия выразим через переменную L .

D – множество трудовых действий сотрудника предприятия в ходе исполнения цели c_k . Предполагается, что действия в модели соответствуют реальным действиям исполняемым сотрудником при решении определенной задачи. Область допустимых действий, по конкретному шагу в модели, определяется историей исполнений действий в данном шаге и по данному типу задания.

Модель предусматривает повторы одного и того же действия над определенным предметом труда. Однако одновременное исполнение двух или более действий в модели не предусматривается. Также надо заметить, что трудовые процессы сотрудника могут характеризоваться отличием не только в структуре или последовательности исполняемых действий, но также и различием в видах используемых действий. Обозначим набор действий модели множеством $D=\{d_1, d_2, \dots, d_N\}$, где N – это количество действий в модели. Текущее действие в момент времени обозначим как t_z , где Z – это количество шагов в трудовом процессе.

R – множество всех предметов труда, обрабатываемых в ходе решения задачи c_k сотрудником предприятия. Множество наблюдаемых предметов труда представим в виде $R=\{r_1, r_2, \dots, r_M\}$, где M – количество предметов труда в модели. В контексте данной модели, предметом труда является объект, имеющий в изначальном своем виде необходимые для производства свойства или приобретший их в результате внешнего воздействия сотрудника предприятия. Представим свойства предмета труда в виде компонентов вектора $r_u=\{x_1, x_2, \dots, x_S\}$, где S количество свойств предмета труда r_u .

Очевидно также, что условием разработки определенного типа продукта труда является обработка (до необходимых свойств) всех предметов труда входящих в его множество. Отметим и то, что обработка предмета труда сотрудником предприятия, в момент времени t_z , может происходить лишь с одним предметом труда.

Выразим через $A = \{a_{ij}^{c_k}\}$ – матрицу вероятностей переходов, где

$$\{a_{ij}^{c_k}\} = P[d_j^{c_k} | d_i^{c_k}, z], 1 \leq i, j \leq N \quad (2)$$

вероятность, что сотрудник k исполнивший действие d_i на шаге z , начнет выполнять действие d_j на шаге $z+1$, в ходе работы над типом продукта c . В случае, если для всяких двух действий в модели возможен переход из одного действия в другое, то для любых i, j вероятность перехода $a_{ij}^{c_k} > 0$. В других случаях $a_{ij}^{c_k} = 0$ для некоторых i, j .

$B = \{b_i^{c_k}(u)\}$ – распределение вероятностей работы с предметами труда при исполнении i -го действия, где

$$b_i^{c_k}(u) = P[r_u^{c_k} | d_i^{c_k}, z], 1 \leq i \leq N, 1 \leq u \leq M, \quad (3)$$

то есть вероятность того, что сотрудник, в момент времени t_z выполняющий действие d_i работает с предметом труда r_u .

$\pi = \{\pi_i^{c_k}\}$, – распределение вероятностей первоначального действия, где

$$\pi_i^{c_k} = P[d_i^{c_k} | z=1], 1 \leq i \leq N, \quad (4)$$

вероятность того, что d_i начальное действие для сотрудника k при работе над продуктом труда c .

Таким образом, прогнозируемую последовательность трудового процесса сотрудника k по продукту c представим как:

$$\lambda_k^c = \{O_1, O_2, \dots, O_z\}, \text{ где} \quad (5)$$

$O_z = (d_j, r_u)$ – прогнозируемое действие и предмет труда на шаге z .

Как известно, для некоторых индивидов существуют фазы в трудовом процессе, производительность которых может быть низкой в соотношении с предыдущими исполнениями, однако в конечном итоге общая производительность данного исполнения может оказаться выше. Исходя из этого утверждения, автор строит модель, в которой распределение трудовых действий приводит к наиболее высокой общей производительности. Задачу можно представить как задачу динамического программирования с конечным числом этапов. Под этапами подразумеваются шаги в трудовом процессе сотрудника. Очевидно, что наиболее оптимальным распределением трудовых действий будет то, которое приведет к наибольшей ожидаемой производительности через Z шагов. Ожидаемую общую производительность представим как функцию «оценки». Тогда задача будет состоять в таком распределении шагов, которое максимизировало бы математическое ожидание функции оценки в Z -шаговом процессе.

Выразим через $f_z(i)$ функцию оценки, то есть математическое ожидание, полученное на шагах от z до Z при условии, что исполнитель совершает тип действия i на шаге z . Уравнение функции оценки сотрудника k по цели c является обратно рекуррентным и выглядит так:

$$f_z^{c,k}(i) = \max \left\{ \sum_{j=1}^N a_{ij} [\varphi_{ij} + f_{z+1}^{c,k}(j)] \right\}, z=1, 2, \dots, Z \quad (6)$$

$f_z^{c,k}(0) = 0, f_{Z+1}^{c,k}(j) = 0$, где

a_{ij} – значение из матрицы вероятностей переходов модели (1) и определяется согласно (2).

φ_{ij} – это единичная оценка, которую получит сотрудник при переходе из типа действия i в j . То есть данная переменная выражает коротко-временную оценку производительности, которую исполнит сотрудник в данном переходе.

$$\varphi_{ij} = \frac{P(t[O_z] | T_{\min})}{M(t[O_z])}, \text{ где} \quad (7)$$

$M(t[O_z])$ – математическое ожидание длительности действия в шаге O_z .

$P(t[O_z] | T_{\min})$ – условная вероятность появления значения времени $t[O_z]$ при минимальной общей трудоемкости T_{\min} трудового процесса сотрудника k по продукту труда c . Данная вероятность рассчитывается как:

$$P(t[O_z] | T_{\min}) = \frac{N \langle M(t[O_z] | T_{\min}) \rangle}{Y}, \text{ где} \quad (8)$$

$N \langle M(t[O_z] | T_{\min}) \rangle$ – количество повторений определенной длительности действия пары O_z , равное математическому ожиданию зафиксированных значений времени при минимальной общей трудоемкости.

Y – общее количество зафиксированных значений времени по паре O_z .

Уравнение (6) построено на основании того, что нарастающая оценка производительности $\varphi_{ij} + f_{z+1}^{c,k}(j)$ становится в результате переходов из действия d_i на шаге z в действие d_j на шаге $z+1$ с вероятностью a_{ij} . Просчитав суммарную оценку для переходов по всем трудовым действиям, предполагается, что сотрудник выберет то действие, которое приводит к максимальной суммарной оценке. Финальный вид модели можно представить следующим образом:

$$f_z^{c,k}(i) = \max\{\delta_i\}$$

$$f_z^{c,k}(i) = \max\{\delta_i + \sum_{j=1}^N a_{ij} f_{z+1}^{c,k}(j)\}, z=1,2,\dots, Z-1, \text{ где} \quad (9)$$

$$\delta_i = \sum_{j=1}^N a_{ij} \varphi_{ij}$$

Приведем пример работы модели (9). Пусть имеются 3 типа действий в модели. Значения матрицы переходных вероятностей представим следующим образом:

$$A = \{a_{ij}^{c,k}\} = \begin{pmatrix} 0.3 & 0.1 & 0.6 \\ 0.5 & 0.4 & 0.1 \\ 0.2 & 0.4 & 0.4 \end{pmatrix}$$

Значения оценок для каждого перехода, также представим в виде матрицы:

$$\Phi = \varphi_{ij} = \begin{pmatrix} 0.12 & 0.016 & 0 \\ 0.046 & 0.166 & 0 \\ 0 & 0.15 & 0.07 \end{pmatrix}$$

В этом случае значения δ_i будут равны:

$$\delta_1 = 0.3 \cdot 0.12 + 0.1 \cdot 0.016 + 0.6 \cdot 0 = 0.0376$$

$$\delta_2 = 0.5 \cdot 0.046 + 0.4 \cdot 0.166 + 0.1 \cdot 0 = 0.0894$$

$$\delta_3 = 0 \cdot 0.2 + 0.5 \cdot 0.15 + 0.5 \cdot 0.07 = 0.088$$

Таким образом, если на начальном шаге исполнитель совершает первый тип действия, то при переходе на следующий шаг суммарный коэффициент оценки производительности составит 0.0376. В случае перехода со второго типа действия суммарная оценка составит 0.0894, а для третьего типа 0.088. Соответственно, оптимальным решением, в данном случае, будет выбор второго типа действия. Продлим пример еще на два шага. Для следующего шага функция оценки примет вид:

$$f_2(i) = \delta_i + a_{i1} f_1(1) + a_{i2} f_1(2) + a_{i3} f_1(3)$$

Посчитаем эти значения для каждого типа действия:

$$f_2(1) = 0.0376 + 0.3 \cdot 0.0376 + 0.1 \cdot 0.0894 + 0.6 \cdot 0.088 = 0.11062$$

$$f_2(2) = 0.0894 + 0.5 \cdot 0.0376 + 0.4 \cdot 0.0894 + 0.1 \cdot 0.088 = 0.15276$$

$$f_2(3) = 0.088 + 0.2 \cdot 0.0376 + 0.4 \cdot 0.0894 + 0.4 \cdot 0.088 = 0.16648$$

И последний шаг примет значения:

$$f_3(i) = \delta_i + a_{i1} f_2(1) + a_{i2} f_2(2) + a_{i3} f_2(3)$$

$$f_3(1) = 0.0376 + 0.3 \cdot 0.11062 + 0.1 \cdot 0.15276 + 0.6 \cdot 0.16648 = 0.18595$$

$$f_3(2) = 0.0894 + 0.5 \cdot 0.11062 + 0.4 \cdot 0.15276 + 0.1 \cdot 0.16648 = 0.22246$$

$$f_3(3) = 0.088 + 0.2 \cdot 0.11062 + 0.4 \cdot 0.15276 + 0.4 \cdot 0.16648 = 0.23782$$

Из полученных данных можно сделать вывод, что оптимальным решением на первом и втором шаге трудового процесса является выбор третьего типа действия. А на третьем шаге исполнителю стоит выбрать второй тип действия. Именно такое распределение трудовых действий приводит к наиболее продуктивному по прогнозу, трудовому процессу сотрудника предприятия.

Заключение. Таким образом, автором разработана и описана модель, позволяющая определить последовательность трудовых действий, которая наиболее всего минимизирует суммарные ожидаемые издержки от трудовой деятельности сотрудника. Описанная автором модель может быть использованы в качестве конкретного научного обеспечения при разработке систем поддержки принятия решений и управления трудовыми процессами.