DOI 10.37882/2223-2966.2024.3-2.31

МАТРИЧНЫЙ СИНТЕЗ ЦИФРОВОГО ПОРТРЕТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ ВУЗА С ПОМОЩЬЮ СТОХАСТИЧЕСКОЙ СЕТИ ПЕТРИ

MATRIX SYNTHESIS OF A DIGITAL PORTRAIT OF A UNIVERSITY STUDENT USING STOCHASTIC PETRI NET

A. Fedoseev
L. Ponomareva
V. Zabolotnicova
V. Komarov
O. Romashkova

Summary. In the article, the authors presented a model of a university graduate's portfolio in the context of the states of a finite deterministic automaton. The scientific novelty lies in the fact that the deterministic finite state machine model has not previously been used to analyze the digital portrait of a university graduate. This is a new direction of research that can lead to the development of new methods and tools for analyzing and assessing the quality of education, as well as increasing the efficiency of educational processes. Using a Petri net, different scenarios for using the skills and competencies presented in the graduate's portfolio were modeled. The use of a stochastic Petri net will help determine the level of qualifications, professional interests, as well as assess the ability to make decisions and solve problems in complex conditions.

Keyword: data analysis, finite discrete automaton, stochastic Petri net, student's portfolio, synthesis of finite deterministic automaton.

Федосеев Артем Игоревич
Кандидат экономических наук, доцент,
ФГБОУ ВО «Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ» г. Москва
fedoseev-ai@ranepa.ru

Пономарева Людмила Алексеевна
Кандидат физико-математических наук, доцент, доцент, ФГБОУ ВО «Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ», г. Москва, Россия
ponomareva-la@ranepa.ru

Заболотникова Виктория Сергеевна
Кандидат технических наук, доцент,
ФГБОУ ВО «Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ», г. Москва, Россия

Комаров Василий Михайлович
Кандидат экономических наук, доцент, доцент,
ФГБОУ ВО «Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ» г. Москва, Россия
komarov-vam@ranepa.ru

Ромашкова Оксана Николаевна
Доктор технических наук, профессор, профессор,
ФГБОУ ВО «Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ», г. Москва, Россия
ox-rom@yandex.ru

Аннотация. В статье авторы представили модель портфолио выпускника вуза в контексте состояний конечного детерминированного автомата. Научная новизна заключается в том, что модель детерминированного конечного автомата ранее не применялась для анализа цифрового портрета выпускника вуза. Это новое направление исследований, которое может привести к разработке новых методов и инструментов для анализа и оценки качества образования, а также повышению эффективности образовательных процессов. С помощью сети Петри моделировались разные сценарии использования навыков и компетенций, представленных в портфолио выпускника. Применение стохастической сети Петри поможет определить уровень квалификации, его профессиональные интересы, а также оценить способность принимать решения и решать задачи в сложных условиях.

Ключевые слова: анализ данных, конечный дискретный автомат, стохастическая сеть Петри, портфолио студента, синтез конечного детерминированного автомата.

Введение

Цифровой портрет студента — достаточно популярная технология в образовании, которая позволяет проводить системный анализ личностных и профессиональных характеристик обучающихся. Портфолио содержит информацию о достижениях, интересах, увлечениях, профессиональных навыках и качествах, опыте работы и обучения [1]. Для оценки квалификации и способностей выпускника вуза работодатель может использовать портфолио, представленное в виде конечного детерминированного автомата (КДА) и проанализировать его с помощью стохастической сети Петри. Такой подход даст более объективную оценку знаний и навыков, чем просто рассмотрение копий дипломов и списка курсов, которые изучил студент. Применение стохастической сети Петри поможет определить уровень квалификации студента, его профессиональные интересы, а также оценить его способность принимать решения и решать задачи в сложных условиях.

Научная новизна заключается в том, что модель детерминированного конечного автомата ранее не применялась для анализа цифрового портрета выпускника вуза. Это новое направление исследований, которое может привести к разработке новых методов и инструментов для анализа и оценки качества образования, а также повышению эффективности образовательных процессов [2]. Построение такой модели позволяет более точно оценить знания и навыки студента и определить, какие дисциплины ему следует изучать в дальнейшем.

1. Теоретические исследования

Перед проведением исследований авторами разработана модель бизнес-процессов изучения дисциплины студентами РАНХиГС в нотации IDEF0 (рисунки 1, 2) [3].

В результате анализа информационных потоков процесса освоения студентами дисциплины была построена диаграмма в нотации IDEF3, которая отображает последовательность этапов обучения студентов (рисунок 3).

Конечный детерминированный автомат — это формальная модель вычислений, состоящая из набора состояний и переходов между ними.

В контексте разработанных моделей учебный процесс освоения обучающимся компетенций по дисциплине «Анализ данных» авторами был представлен как КДА [4]. Данный автомат имеет произвольное конечное множество состояний, отвечающих за различные уровни знаний или этапы изучения дисциплины, которые проходят в процессе обучения. Например, число лекций. Каждая лекция в статье рассматривалась как отдельный элемент автомата, переводящий его в следующее состояние. Обучающийся должен посетить все лекции, чтобы изменить состояние автомата. Наличие выполненных заданий также служит состоянием, которое нужно пройти, чтобы перейти к следующему этапу. Оформление контрольных работ, итоговая аттестация, наличие сданных экзамена или зачета являются финальным состоянием автомата. Если успешно выполнены все задания и сдан экзамен, автомат достигает финального состояния, иначе остается в одном из промежуточных состояний. Различные задания, тесты, лекции и прочие материалы,

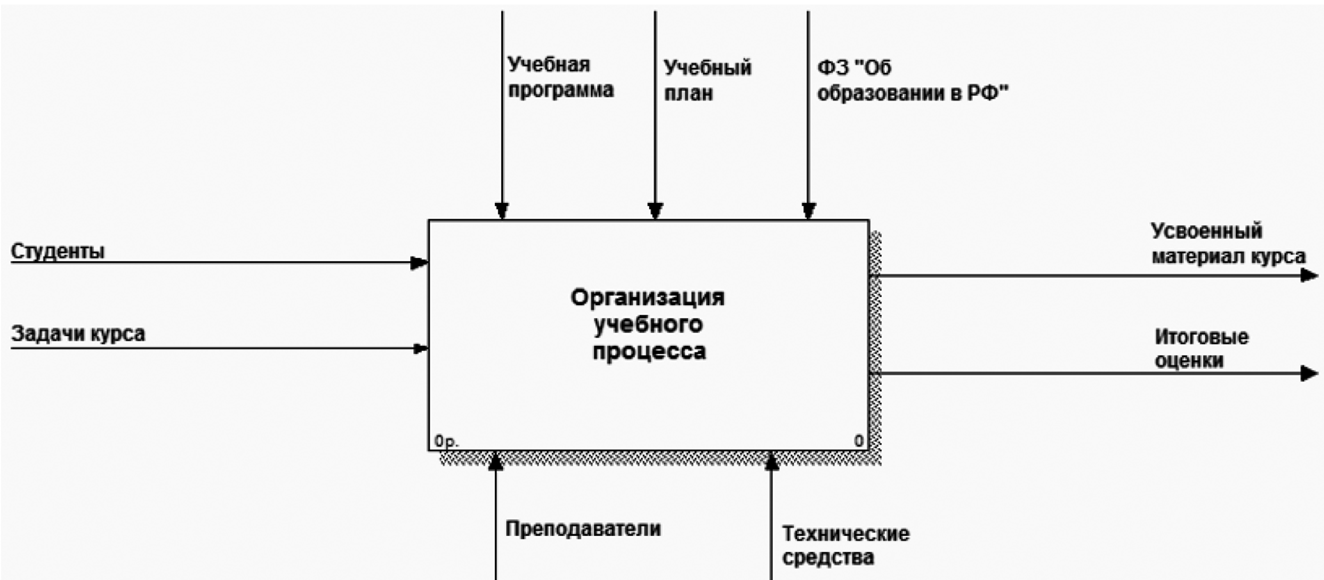

Рис.1. Модель бизнес-процессов освоения компетенций по дисциплине «Анализ данных»

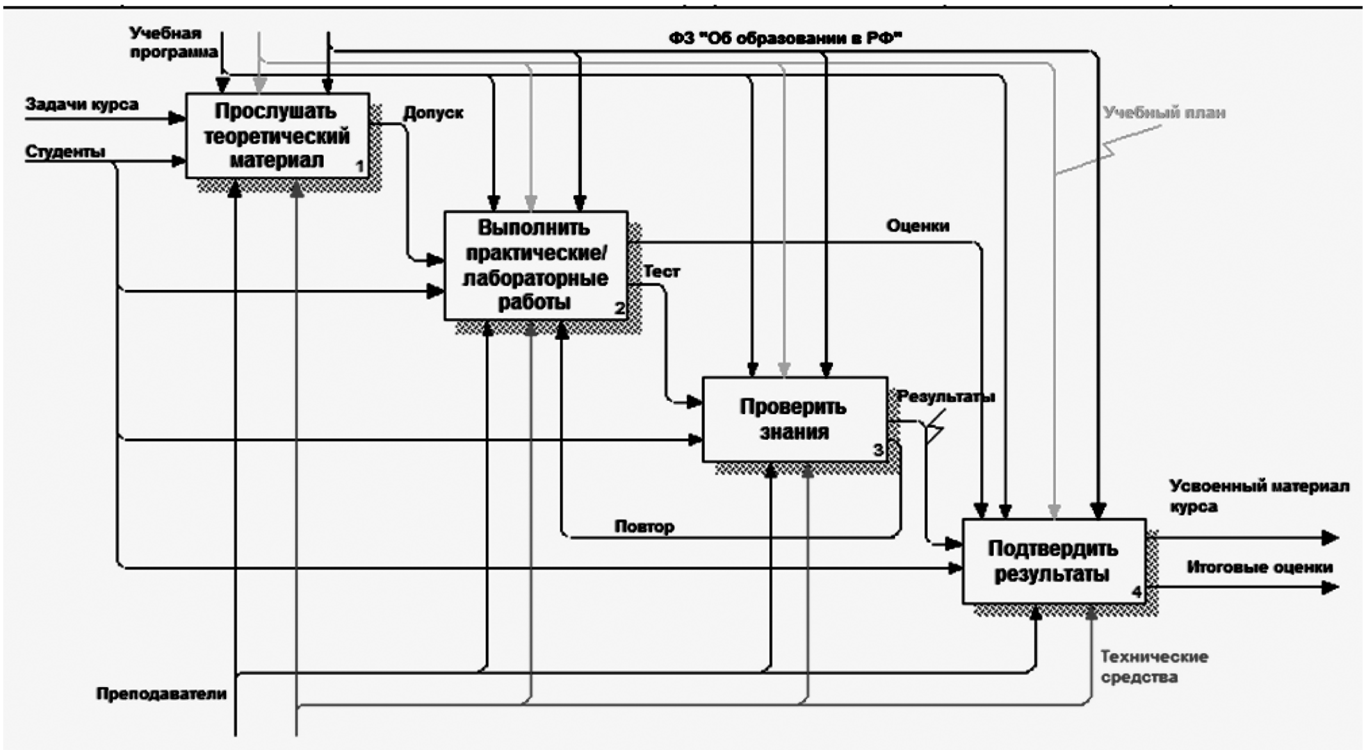

Рис. 2. Диаграмма декомпозиции блока «Организация учебного процесса»

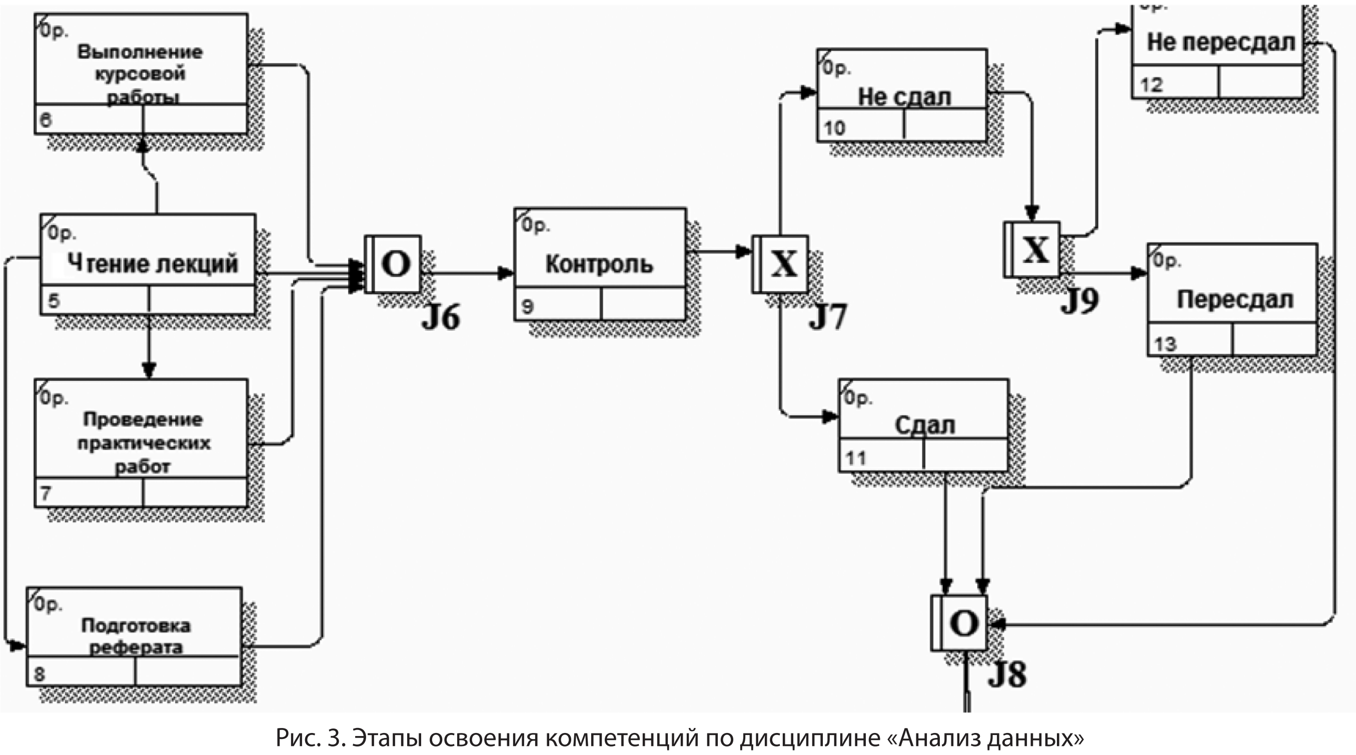

Рис. 3. Этапы освоения компетенций по дисциплине «Анализ данных»

подлежащие изучению, являются входными данными для КДА.

Помимо сказанного, были определены правила перехода между состояниями, которые описывают процесс усвоения новых знаний и проверки уровня их понимания. Выходы КДА — это ответы на вопросы и успехи в выполнении заданий.

Формально, КДА был определен пятеркой $A = (Q, X, Y, \delta, F)$, где

1. алфавит множества состояний — $Q = \{q_0, q_1, q_2, q_3, \ldots, q_{n-1}\}$.

Q — произвольное не пустое множество состояний, соответствующих полному освоению дисциплины;

2. алфавит множества входных событий $X = \{x_0, x_1, x_2, x_3, \dots, x_k\}$. X — произвольное не пустое множество событий, соответствующее набору вопросов, тестовых заданий, тем, учебных материалов, и т. д.;
3. алфавит множества выходных событий $Y = \{y_0, y_1, y_2, y_3, \dots, y_t\}$.

Множества Q, X, Y — конечные.

Функция перехода между состояниями $\delta: Q \times X \rightarrow Q$ — означает, в какое состояние перейдет автомат при получении определенного входного символа. Функция генерирует выходное событие f_i.

Функция выходов $F=\{f_0, f_1, f_2, f_3, \dots, f_m\}$ $F: Q \times X \rightarrow Y$.

Для описания процесса изучения студентом дисциплины были определены следующие состояния автомата:
— q_0 — состояние «нулевых знаний»;
— q_1 — состояние, соответствующее ознакомлению со всеми темами дисциплины;
— q_2 — состояние, соответствующее получению базовых знаний по дисциплине;
— q_3 — состояние, соответствующее освоению основных тем дисциплины;
— q_4 — состояние, соответствующее достижению высокого уровня знаний по дисциплине.

Введем обозначения:
— ε — пустая строка;
— x — строка.

Функция перехода определялась следующим образом:
— $\delta(q_0, \varepsilon) = q_1$, после начала изучения дисциплины студент переходит в состояние ознакомления со всеми темами.
— $\delta(q_1, x) = q_2$, для $x_i \in X$ — после ознакомления со всеми темами студент может перейти к получению базовых знаний по дисциплине.
— $\delta(q_2, x) = q_3$, для $x_i \in X$ — после получения базовых знаний студент может перейти к освоению основных тем дисциплины.
— $\delta(q_3, x) = q_4$, для $x_i \in X$ — после освоения основных тем дисциплины студент может достичь высокого уровня знаний по дисциплине.
— $\delta(q_4, x) = q_4$, для $x_i \in X$ — если студент уже достиг высокого уровня знаний, то он может продолжать изучение дисциплины, не изменяя своего состояния.

Таким образом, $\delta(q,x) \in Q$, $F(q,x) \in Y$ для $\forall x \in X$, $\forall q \in Q$.

Анализ состояний КДА проводился с помощью стохастической сети Петри [5].

Сеть Петри — это математическая модель, представляющая собой ориентированный граф G, состоящий из двух типов узлов — мест и переходов.

$G = (V, A)$, где $V = P \cup T$ — конечное множество вершин,

$A = \{a_1, a_2, a_3, \dots, a_\tau\}$ — конечное множество направленных дуг,

$a_i = (v_j, v_k)$, где $(v_j, v_k) \in V$ и каждая дуга помечена меткой $v_j \in T$, $v_k \in P$, либо $v_j \in P$, $v_k \in T$ ().

Места — это контейнеры, которые могут содержать определенное количество маркеров, а переходы — это функции, которые переносят маркеры из места в место. Дуги, помеченные метками, означают успешное завершение предыдущего этапа.

Перед определением стохастической сети Петри для автомата $A = (Q, X, Y, \delta, F)$ определялась биекция между состояниями автомата и множеством маркеров в сети — каждому состоянию автомата сопоставлялся маркер в сети по следующему правилу: пусть q_i — это i-ое состояние автомата, тогда маркер $м_i$ в сети Петри включает позицию P_i, которая соответствует этому состоянию. Далее, для каждого перехода автомата с $\delta(q, x) = q_i$ существует переход t_i в сети Петри, который переводит $м_t$ в $м_t'$, где $м_t$ и $м_t'$ — маркеры, состояний q и q' соответственно. Таким образом, стохастическая сеть Петри С для данного КДА $A = (Q, X, Y, \delta, F)$ будет определяться, как кортеж $C = (P, T, W, м_0, \lambda)$, где
— P — произвольное не пустое конечное множество позиций, $p_i \in P$ соответствует определенному состоянию $q_i \in Q$ КДА ($i > 0$).
— T — произвольное не пустое конечное множество переходов, где каждый переход $t_i \in T$ ($i > 0$) соответствует определенному переходу $\delta(q, x) = q_i$ в КДА ($i > 0$). Таких, что $P \cap T = 0$. Каждый символ x_i из алфавита X КДА становится отдельным переходом в графе сети Петри. Переход δ отображается в две дуги: одна соединяет соответствующую позицию и переход, а другая — переход и следующую позицию.

$F: T \rightarrow P^\infty$ — выходная функция является отображением множества переходов на множество позиций.
— W — функция весов, где каждый элемент $w(p, t) \in W$ соответствует вероятности перехода из позиции p_i в состояния p_j, при срабатывании переходов $t_i \in T$.

В статье авторы определяли функцию весов следующим образом

$w(p, t) = 1$, если $\delta(q, x) = q_i$, а t_i соответствует $x_i \in X$

$w(p, t) = 0$ в противном случае.

— $м_0$ — начальный маркировочный вектор, где каждый элемент $м_0(p_i)$ соответствует начальному состоянию q_0 КДА.

Поскольку процессы изучения дисциплины носят случайный характер, то время, необходимое для освоения дисциплины обучающимися, варьируется в зависимости от их индивидуальных способностей. Поэтому для каждого перехода t_i определим параметр λ_i — функцию интенсивности работы перехода t_i, которая определяется как $\lambda(t) = 1$, если переход t_i выбирается, и $\lambda(t) = 0$ в противном случае.

Таким образом, стохастическая сеть Петри описывает процесс изучения студентом дисциплины через множество состояний КДА $A = (Q, X, Y, \delta, F)$, где каждый переход соответствует определенной команде на языке произвольного не пустого множества входных событий $X = \{x_0, x_1, x_2, x_3, \ldots, x_k\}$. Каждый переход имеет вероятность 1 или 0 в зависимости от соответствия перехода из текущего состояния КДА.

Тогда для анализа портфолио, представленного множеством задач и достижений $Pr = \{pr_1, pr_2, ..., pr_k\}$, построим сеть.

Любая задача может находиться в одном из двух состояний: выполнена или не выполнена. В каждый момент времени состояние системы будет определяться вектором множества маркировок $M(p) = \{м_0, м_1, м_2, м_3, \ldots, м_k\}$, все элементы которого представляют собой набор значений, характеризующих состояние системы. Маркировка изображается точкой внутри позиций и называется фишкой [6]. При срабатывании переходов вектор маркировки изменяется.

Переход запустится только тогда, когда будет разрешен. Для сети $C = (P, T, W, м_0, \lambda)$ с маркировкой $M(p) = \{м_0, м_1, м_2, м_3, \ldots, м_k\}$ переход будет разрешенным, если $X(t_j) \subseteq (p_i)$. Это означает, что у любого перехода t_j есть вектор υ_j, который содержит компоненты: номер входной позиции, число входных дуг и вероятность срабатывания рассматриваемого перехода. У вектора υ_j должна существовать компонента с номером i не равная нулю и общее количество дуг не меньше i. Правило срабатывания перехода можно записать следующим образом

$$\forall \upsilon \in R^n,\ \forall j \in \{1,\ldots n\},\ \exists i \in [j,n],$$
$$\left(\left(\lambda_j \neq 0\right) \wedge \left(\left|\left\{\mathtt{м}_{kj} \neq 0 \middle| \mathtt{м}_k \in T\right\}\right| \geq i\right)\right).$$

Для анализа изменений маркировок применялся математический аппарат свёртки матриц Грама.

Вектор диагональной свертки матрицы Грама содержит компоненты, равные сумме элементов матрицы. Которые располагаются на одной линии, но симметричны относительно главной диагонали [5].

После срабатывания перехода маркировка сети изменится по следующему правилу $M' = M — X(t_j) + Y(t_j)$, т. е. во входной позиции p_i перехода t_i останется количество фишек равное числу дуг из p_i в t_j, а в выходной позиции p_k число фишек увеличивается и становится равным числу дуг из t_j в p_k. А вектор вероятностей выходной позиции станет равен вектору диагональной свертки матрицы Грама $M' = di(G(м_i p_i r))$, где r — вектор диагональных элементов весовой матрицы.

Происходит выполнение сети $C = (P, T, W, м_0, \lambda)$, а маркировка считается достижимой ($M\, t \rightarrow M'$). Достижимость маркировки характеризует состояние системы и позволяет судить о возможности перехода в такое состояние.

2. Постановка задачи

Для заданной сети Петри $C = (P, T, W, м_0, \lambda)$ с конечным множеством маркировок $M(p) = \{м_0, м_1, м_2, м_3, \ldots, м_k\}$ и конечным множеством переходов $T = \{t_1, t_2, t_3, \ldots, t_n\}$, нужно максимизировать вероятность переходов между состояниями маркировок таким образом, чтобы достичь маркировки, при которой значения весовой матрицы $W(p,t)$ и интенсивности потока меток λ были бы максимальными.

Иными словами,

$$\forall \mathtt{м}(p_i) \in M,\ \forall \mathtt{м}(p_j) \in M,\ \exists (s_1, s_2, \ldots, s_n) \in \mathbb{N},$$

где $s_i = (t_i, tj)$, такие, что $\exists (Mt \rightarrow M)$, где $\exists\, t_i$ может быть выполнен $(s_1, s_2, ..., s_n)$ раз, соответственно, и вероятность этой последовательности переходов между маркировками M и M' является максимальной, а значение весовой матрицы $W(p,t)$ и интенсивность потока меток λ при достигнутой маркировке были бы тоже максимальными.

3. Практическое исследование

Допущения: в данной работе сеть является ординарной, поэтому вектор вероятностей был заменен одним скалярным значением вероятности, что упростило исследование построенной сети.

Построенная сеть ограниченная — число меток, соответствует числу решенных задач, записанных в портфолио, и является постоянным.

Сеть является устойчивой, иными словами, разрешение одного перехода не отменяет срабатывание другого перехода.

Поскольку два перехода могут иметь одну входную позицию, построенная сеть считается сетью свободного выбора.

Переходы имеют время срабатывания, распределенное по экспоненциальному закону с постоянным параметром λ, определяющим темп или скорость срабатывания перехода. Сеть Петри $C = (P_N, T_N, W_N, м_N, \lambda_N)$ имеет P — конечное множество позиций, T — конечное множество экспоненциальных переходов и мгновенных переходов (сеть конечного этапа собеседования имеет мгновенные переходы).

λ_N: $TN \to \mathbb{R}_+$ функция скорости переходов, зависящая от маркировки позиции рассматриваемого перехода.

Предположим, что выпускник вуза претендует на позицию аналитика компании и присылает свое портфолио, в котором написано, что он изучал дисциплину «Анализ данных», программирование, участвовал в проектах. Перед собеседованием с соискателем работодатель продумывает вопросы в соответствии с портфолио [7, 8]. На рисунке 4 представлена сеть Петри заключительного этапа процесса собеседования с соискателем. Каждая позиция сети — это Петри-объект. Петри — объектом назовем позицию сети, которая является результатом агрегирования другой сети (рисунок 5). Свойствами объекта являются раскрашенные фишки. Каждая фишка отражает количество набранных баллов на собеседовании по разделам дисциплины, например, «Анализ данных» [9]. Появление фишек в каждой позиции — это результат работы вложенной стохастической раскрашенной сети Петри. Пример сети Петри процесса собеседования по «Анализу данных» представлен на рисунке 6. Переходы сети на рисунке 1 — это события для Петри-объектов.

По двум позициям соискатель может набрать по 30 баллов. По «Анализ данных» — 40 баллов. Общее количество баллов накапливается в позиции сети Петри «sum». Переходные функции на дугах формируют решение: принимается на должность разработчика или отказ. На рисунке 2 показан пример структурирования процесса оценки знаний соискателя по одному из разделов.

Позиция «Topic0» — список вопросов, на которые был дан ответ и количество набранных баллов. Условия переходов определены функциями — это в свою очередь, является весом дуги, указывающим на текущее состояние знаний по конкретным темам или задачам. Например, правило срабатывания перехода T4 следующее: если все позиции, связанные с данным переходом («Topic0» и «Topic1»), содержат маркеры, то переход может сработать с некоторой вероятностью. Вероятность срабатывания каждого перехода зависит от таких факто-

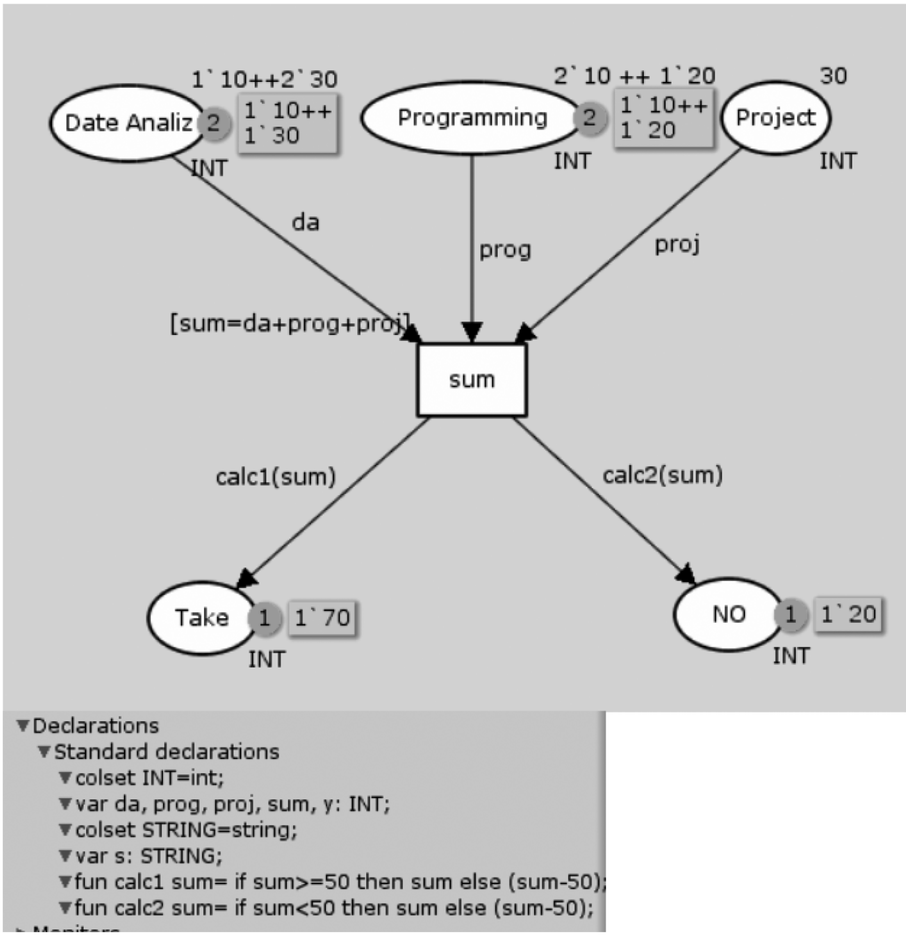

Рис. 4. Процесс заключительного этапа собеседования на позицию аналитика компании

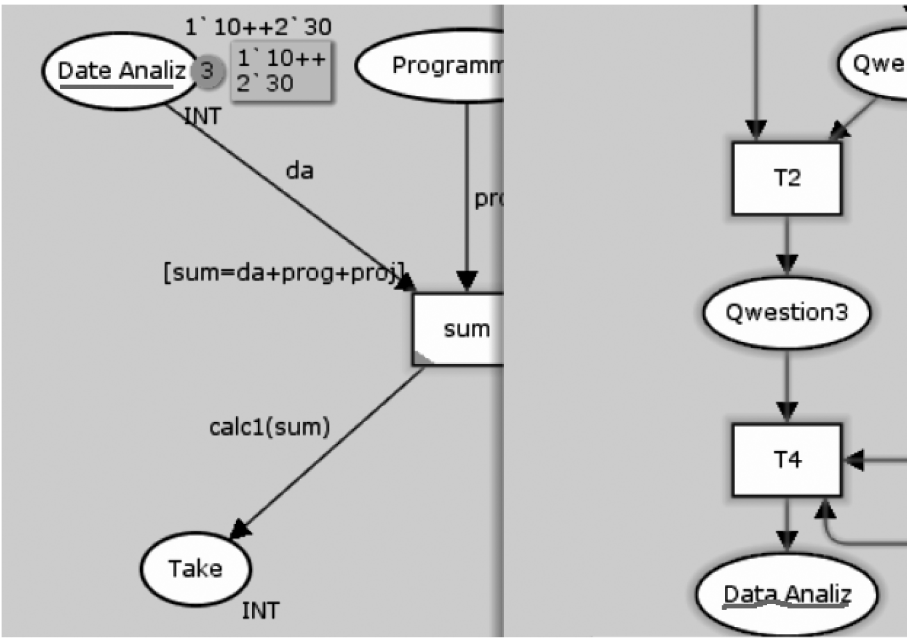

Рис. 5. Пример агрегирования сети

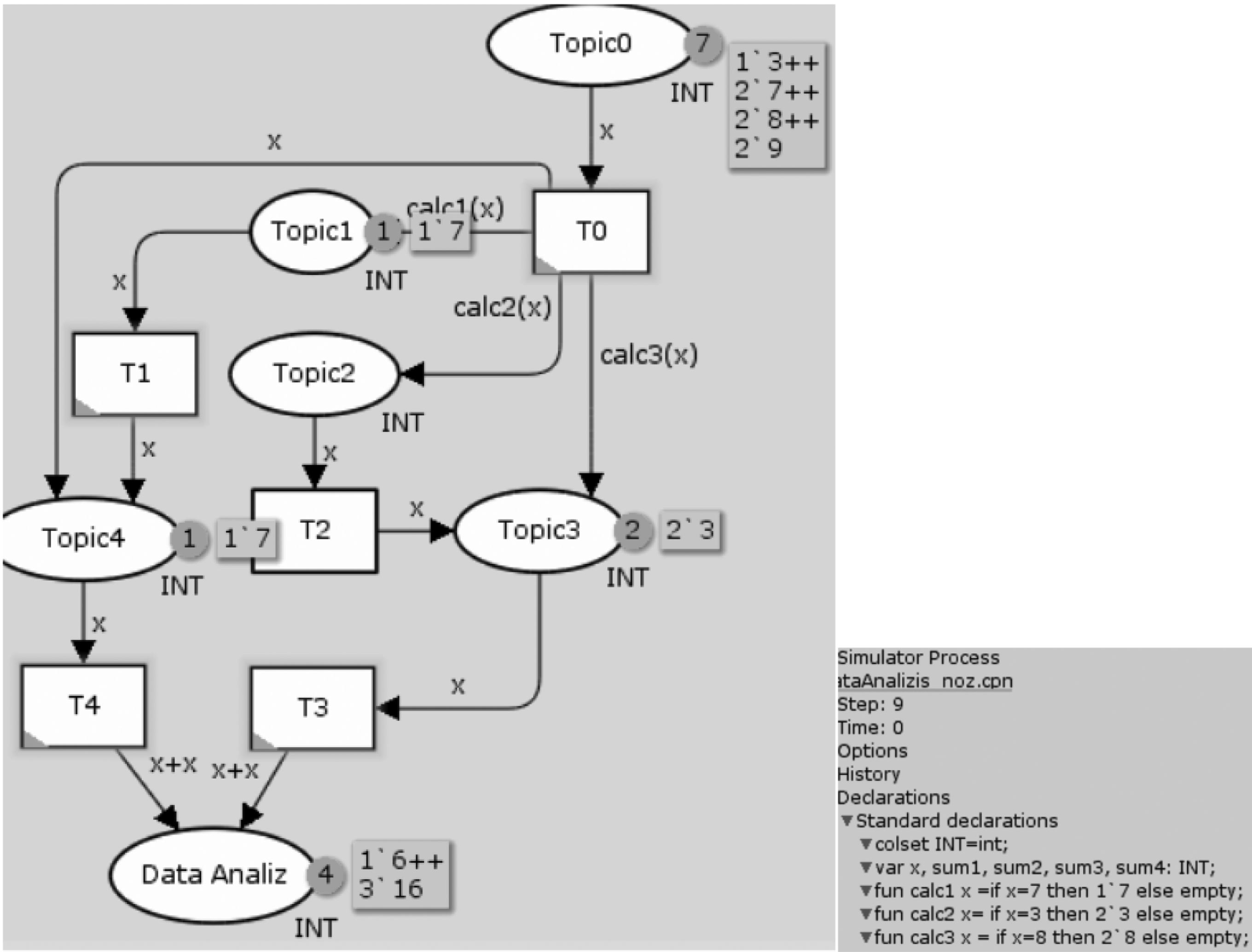

Рис. 6. Пример процесса собеседования по разделам дисциплины «анализ данных»

ров, как, сложность вопросов, наличие опыта на предыдущей работе и др.

Анализ сети

В данной работе авторов интересовал количественный поведенческий анализ. Вероятность смен маркировок на переходах распределены по непрерывной временной шкале. Будем в дальнейшем называть такую сеть обобщенной стохастической сетью Петри с экспоненциально распределенной задержкой (ОССП). Семантика построенной модели — шаговая интерливинговая (переходы срабатывают последовательно с шагом времени).

Каждому переходу $t \in T_N$ сопоставляется функция $\lambda_N(P_N)$. Таймер перехода устанавливается на связанную с ним случайную задержку. Далее таймер уменьшается с постоянной скоростью до нулевого значения, и переход срабатывает. Так как $\lambda_N \in \mathbb{R}_+$, то в любой достижимой маркировке все переходы имеют ненулевую вероятность срабатывания.

Все состояния построенной ОССП определяются так: $P_N = \{p_1, p_2, p_3, p_4, p_5, p_6\}$ $T_N = \{t_0, t_1, t_2, t_3, t_4\}$. Функция темпов переходов определяется так: $\lambda_N\left(P_N\right) = \upsilon$, где $v^T = \|v_0 v_1 \ldots v_n\|,\ n \in N,\ v_i \in [0,1],\ i = \overline{1,n},\ \sum v_i = 1.$

Каждая позиция вектора υ — это вероятность нахождения фишки в позиции. Номер компонента I — количество фишек, значение — вероятность нахождения такого числа фишек в анализируемой позиции. Правило срабатывания перехода: функция $\lambda_N(P_N)$ для каждой входной позиции рассматриваемого перехода должна иметь хотя бы одну ненулевую *i*-ю компоненту, величина i которой больше или равна числу входящих дуг.

Проанализируем переходы T_3, T_4. Для них $\lambda_3\left(P_{t3}^{Topic3}\right)$, $\lambda_4\left(P_{t4}^{Topic4}\right)$ и $\lambda_6\left(P_{t3=t4}^{Data\ \ Analiz}\right)$. До момента срабатывания переходов их функции выглядели так:

$$\lambda_3\left(P_{t3}^{Topic3}\right)^T = |0.2,\ 0.3,\ 0.5|$$

$$\lambda_4\left(P_{t4}^{Topic4}\right)^T = |0.2,\ 0.1,\ 0.3,\ 0.4|$$

$$\lambda_6\left(P_{t3=t4}^{Data\ \ Analiz}\right)^T = |0,\ 1|$$

После срабатывания переходов функции имеют вид:

$$\lambda_3\left(P_{t3}^{Topic3}\right)^T = |1|$$

$$\lambda_4\left(P_{t4}^{Topic4}\right)^T = |0.6,\ 0.4|$$

Для вектора r_k получим выражение

$$r_k = \left[\sum_{i=1}^{1} \lambda_4\left(P_{t4}^{Topic4}\right)\right] \cdot \left[\sum_{i=1}^{1} \lambda_3\left(P_{t3}^{Topic3}\right)\right] = 0.4 \cdot 0.5 = 0.2$$

Матрица Гама для r_k и $\lambda_6\left(P_{t3=t4}^{Data\ \ Analiz}\right)^T = |0,\ 1|$

$$G_\upsilon\left(\lambda_6\left(P_{t3=t4}^{Data\ \ Analiz}\right)\right) =$$

$$= \begin{matrix} \upsilon_1\upsilon_1 & \upsilon_1\upsilon_2\ldots & \upsilon_1\upsilon_n \\ \upsilon_2\upsilon_1 & \upsilon_2\upsilon_2\ldots & \upsilon_2\upsilon_n \\ \upsilon_n\upsilon_1 & \upsilon_n\upsilon_2\ldots & \upsilon_n\upsilon_n \end{matrix} \cdot r_k = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} \cdot 0.2 = \begin{pmatrix} 0 \\ 0.2 \end{pmatrix}$$

В приведенном примере с заданными вероятностями для переходов и заданной начальной маркировкой вероятность того, что в позиции «Data Analiz» наберется 40 баллов равна 0.2.

Выводы

Портфолио выпускника РАНХиГС ИОН описывалось в нотации конечного детерминированного автомата $A = (Q, X, Y, \delta, F)$. Различные сценарии состояний КДА исследовались с помощью стохастической сети Петри, определенной как кортеж $C = (P, T, W, M_0, \lambda)$.

Для заданной сети Петри $C = (P, T, W, M_0, \lambda)$ с конечным множеством маркировок $M(p) = \{м_0, м_1, м_2, м_3, \ldots, м_k\}$, конечным множеством переходов $T = \{t_1, t_2, t_3, \ldots, t_n\}$ и заданными вероятностями срабатывания для каждого перехода была рассчитана вероятность достижимости оптимальной маркировки, при которой, значения весовой матрицы $W(p,t)$ и интенсивности потока меток λ максимальны.

Приведенный пример расчета учитывает не только результаты тестирования соискателя, но также уровень уверенности в своих знаниях, что может помочь более точно оценить навыки по предмету собеседования [10, 11].

Кроме того, подобные модели могут иметь широкие практические применения в образовательной сфере.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федосеев А.И. Статистические методы оценки состояния и перспектив развития социально-экономической политики в сфере потребительского рынка товаров и услуг г. Москвы (на примере предприятий шаговой (пешеходной) доступности). специальность 08.00.12 «Бухгалтерский учет, статистика»: диссертация на соискание ученой степени кандидата экономических наук. М.: 2005. С. 186.
2. Пономарева Л.А., Ромашкова О.Н., Белякова А.Н., Заболотникова В.С. Автоматизация процесса многокритериального ранжирования студентов с помощью электронного портфолио. // Вестник Донского государственного технического университета. 2019. Т. 19. № 4. С. 382–388.
3. Мамаева Н.В., Милютин Л.Б., Николенко В.Н., Федосеев А.И. Современный подход к построению информационно-аналитической системы состояния и развития научной сферы в вузах. М.: Открытое образование, 2014. № 6(107). С. 34–39.
4. Пономарева Л.А., Коданев В.Л. Разработка модуля корпоративной информационной системы «образовательная среда вуза» на базе облачных технологий // В сб.: Информатика: проблемы, методология, технологии. сборник материалов XVII международной научно-методической конференции. Т. 5, 2017. С. 393–398.
5. Kumskov M.I., Ponomareva L.A., Smolenskii E.A., Mityushev D.F., Zefirov N.S. Method of computeraided formation of organic compound descriptors for quantitative structure-property relationships// Известия Академии наук. Серия химическая. 1994. № 8. С. 1391.
6. Алтухова Е.В. Федосеев А.И. Проблемы и противоречия формирования кадрового потенциала сферы образования и науки // Современные технологии управления, 2014. № 10 (46). С. 2–5.
7. Пономарева Л.А., Мосягин А.Б., Голосов П.Е. Автоматизированная система управления образовательной средой для повышения рейтинговой оценки вуза // Вестник Брянского государственного технического университета. 2018. № 4 (65). С. 55–62.
8. Середа О.В. Федосеев А.И. Применение модифицированного коэффициента корреляции для оценки выставочно-ярмарочной деятельности в России // Высшее образование для XXI века: проблемы воспитания. доклады и материалы XIV Международной научной конференции. Том Часть 2. М.: Московский гуманитарный университет, 2017. С. 231–238.
9. Башина О.Э., Писецкая О.С., Федосеев А.И. Статистическое исследование потребности сферы торговли в кадрах// В сб.: Вестник кафедры статистики Российского экономического университета имени Г.В. Плеханова. Материалы и доклады. 2017. С. 367–369.
10. Ponomareva L.A., Romashkova O.N. Training of specialists in on-board communication systems. // В сборнике: 2020 Systems of Signals Generating and Processing in the Field of on Board Communications. 2020. С. 9078594.
11. Ponomareva L.A., Chiskidov S.V., Romashkova O.N. Instrumental implementation of the educational process model to improve the rating of the universities // В сборнике: CEUR Workshop Proceedings. 9. Сер. «Selected Papers of the Proceedings of the 9th International Conference Information and Telecommunication Technologies and Mathematical Modeling of High-Tech Systems, ITTMM 2019» 2019. С. 92–101.