УДК 004.051

К ЗАДАЧЕ РАЗРАБОТКИ МЕТОДОЛОГИИ ОЦЕНКИ ВРЕМЕНИ ВЫПОЛНЕНИЯ ПОИСКОВОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Попова О.Б., Попов Б.К., Карандей В.Ю., Афанасьев В.Л.

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», Краснодар, e-mail: popova_ob@mail.ru

Сегодня актуально снижать временные затраты на проведение поискового исследования. Для достижения цели решаются проблемы из области информатики и кибернетики, которые являются взаимозависимыми. В статье предлагаются новые теоретические и практические подходы к математическому представлению и визуализации этапов поискового исследования. Для этого используются вероятностные процессы, их изображение на трехмерной плоскости. Получены формулы скоростей перемещения рабочей точки, отражающей ход поискового исследования, и формулы зависимостей вероятностей от интенсивности потока и времени выполнения этапов поискового исследования. Для этого была использована система уравнений Колмогорова, составленная по графу состояний процесса выбора альтернативы в поисковом исследовании. Результаты помогут решить следующую актуальную проблему из области информатики – выразить качественные показатели эффективности, зависящие от анатомии и технологии добывания знания, через количественные показатели, зависящие от времени *t*. Для этого в теории статьи была учтена специфика поискового исследования, которое имеет дело с потоком научной информации и соответствующим образом обрабатывается на каждом этапе. В дальнейших исследованиях следует обратить внимание на переменную – полезные знания для решения следующего этапа, полученные за время выполнения текущего.

Ключевые слова: поисковое исследование, поток интенсивности, вероятность выполнения, полезные знания для решения

TO THE PROBLEM OF DEVELOPING A METHODOLOGY FOR EVALUATING THE TIME FOR PERFORMING A SEARCH RESEARCH

Popova O.B., Popov B.K., Karandey V.Yu., Afanasev V.L.

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Kuban State Technological University, Krasnodar, e-mail: popova_ob@mail.ru

Today it is important to reduce the time spent on exploratory research. To achieve the goal, problems are solved from the field of computer science and cybernetics, which are interdependent. The article proposes new theoretical and practical approaches to the mathematical representation and visualization of the stages of exploratory research. For this, probabilistic processes are used, their image on a three-dimensional plane. The formulas for the speeds of moving the operating point are obtained, which reflect the course of the exploratory research. And the formulas of the dependences of the probabilities on the intensity of the flow and the execution time of the stages of exploratory research. For this, the Kolmogorov system of equations was used, compiled from the state graph of the alternative selection process in a search study. The results will help to solve the following urgent problem from the field of computer science – to express qualitative indicators of efficiency, depending on the anatomy and technology of obtaining knowledge, through quantitative indicators, depending on time t. To do this, the theory of the article took into account the specifics of exploratory research, which deals with the flow of scientific information and is processed accordingly at each stage. In further studies, attention should be paid to the variable – useful knowledge for solving the next stage, obtained during the execution of the current one.

Keywords: exploratory research, intensity flow, probability of completion, useful knowledge to solve

В современных реалиях становится все более актуально разрабатывать научные подходы в областях энергосбережения и ресурсосбережения [1, 2]. Для их создания необходимо прибегнуть к решению оптимизационных задач различной степени трудности [3, 4]. Для реализации современной и научной идеи или для формирования верного управленческого решения на различных уровнях, необходимо предпринять меры к снижению временных затрат на проведение поискового исследования [5, 6].

Для реализации данной цели требуется разрешить проблемы из областей информатики [7, 8] и кибернетики [9, 10], которые являются взаимосвязанными. Рассматриваемые во времени системы управления процессов обработки информации требуют улучшения. При прохождении различных этапов поискового исследования возможно решение кибернетических проблем на каждом из этапов. Каждый этап обладает своими проблемами обработки информации, решение которых даст новое знание, где протекание процессов во времени не является главенствующим. В связи с этим авторы статьи проводят изучение и оптимизацию процесса поискового исследования, с использованием информационно-вычислительных технологий. Данный материал является продолжением их кропотливой работы над когнитивным процессом выбо-

ра наилучшей альтернативы из множества существующих вариаций [11–13].

В ходе проведенных исследований по получению оптимальной системы выбора авторы статьи использовали современные подходы к структурированию информации, например прибегли к методу ментальных карт [14, 15]. Прежде поисковое исследование как система не исследовалась. В большинстве случаев улучшались и оптимизировались сами этапы поискового исследования.

Авторы статьи ранее установили [11, 12], что поисковое исследование – это когнитивный процесс S, который состоит из пяти этапов: 1 – литературно-патентный обзор; 2 – изучение математических моделей; 3 – изучение методов решения; 4 – сравнение методов решения; 5 – выбор метода решения. Этапы являются случайными вероятностными процессами. В случайный момент времени любой этап может быть хорошо выполнен и будет происходить переход на другой этап. В противном случае мгновенно начинается когнитивное исправление нужного этапа. Состояния когнитивных этапов P_i, где $i = 1, \ldots, 5$, соответствуют когнитивным процессам системы. Переходы между когнитивными этапами происходят мгновенно в случайные моменты времени после завершения текущего этапа. Для их анализа и определения значения вероятности нахождения в каждом из этих этапов авторы предложили использовать граф состояний [12], где окружности – это состояния системы. Переходы между состояниями обозначаются стрелками. Из описания системы и формулировки задачи видно, что к ней применим метод составления и решения уравнений Колмогорова. Следует заметить, что авторы впервые сформулировали данную задачу и предложили решить её данным методом. Ранее данный метод применялся к решению других актуальных вероятностных задач [16–18].

Материалы и методы исследования

Для каждого этапа поискового исследования существуют свои разные по эффективности методологии создания управляющего информационного обеспечения и свои информационные системы, которые обрабатывают информацию. Их эффективность необходимо рассматривать в количественных показателях, зависящих от времени t. Качественные показатели эффективности зависят от анатомии и технологии добывания знания [9]. Поисковое исследование имеет дело с потоком научной информации, которая соответствующим образом обрабатывается на каждом этапе. Поэтому качественным показателем эффективности i-го этапа поискового исследования, где $i = 1, \ldots, 5$, можно считать интенсивность информационного потока научной информации [19]. Он равен объёму полезных знаний для решения следующего этапа, полученный за время выполнения текущего. Интенсивность потока в некотором смысле является математическим ожиданием $M(x)$ количества событий в единицу времени [20] и отражает интенсивность работы ученого. Научные исследования характеризуются нестандартными потоками, которые характерны для неустановившегося процесса. Их интенсивность меняется в течение определенного периода времени:

$$\lambda = f(t) \neq \text{const}, \tag{1}$$

где $f(t)$ – это кривая на трёхмерной плоскости P_i, в системе координат xyz (рис. 1), где ось x – это интенсивность потока; y – это вероятность состояния системы P_i, где $i = 1, \ldots, 5$; z – это время t. При учёте проекции плоскости P_i на систему координат xy, необходимо рассматривать лишь зависимости $P_i(\lambda)$ – финальные вероятности (рис. 2), которые были получены авторами через решение системы уравнений Колмогорова [11]. Финальные вероятности равны

$$P_1(\lambda) = \frac{(1-\lambda)}{1+3\cdot\lambda} \text{ – график вероятности первого этапа,} \tag{2}$$

$$P_2(\lambda) = \frac{5\cdot\lambda\cdot(1-\lambda)}{(1+3\cdot\lambda)\cdot(2+\lambda)} \text{ – график вероятности второго этапа,} \tag{3}$$

$$P_3(\lambda) = \frac{5\cdot\lambda\cdot(1-\lambda)}{(2+\lambda)\cdot(3-\lambda)} \text{ – график вероятности третьего этапа,} \tag{4}$$

$$P_4(\lambda) = \frac{5\cdot\lambda\cdot(1-\lambda)}{(4-3\cdot\lambda)\cdot(3-\lambda)} \text{ – график вероятности четвёртого этапа,} \tag{5}$$

$$P_5(\lambda) = \frac{\lambda}{(4-3\cdot\lambda)} \text{ – график вероятности пятого этапа.} \tag{6}$$

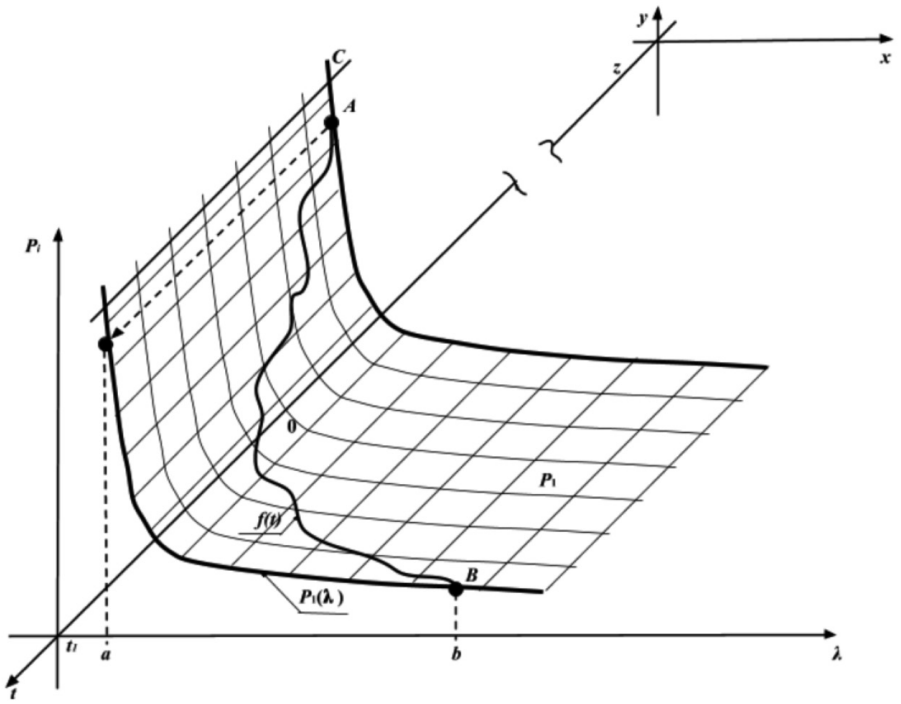

Рис. 1. Перемещение точки по плоскости P_1 в пространстве xyz рядом с финальной вероятностью $P_1(\lambda)$

Плотность потока можно выразить следующим образом [14]:

$$\lambda(t) = \lim_{x \to 0} \left(\frac{M(t+x) - M(x)}{x} \right). \quad (7)$$

Для простейшего потока уравнение (7) можно записать так:

$$\lambda = \frac{M(x)}{x}. \quad (8)$$

Имеет место дискретное равномерное распределение, поэтому

$$M[x] = \frac{1}{n} \sum_{i-1}^{n} x_i, \quad (9)$$

где x_i – значение из интервала $[a; b]$.

Пусть результатом выполнения i-го события является некоторое количество знаний $\Delta з_i$. Тогда результатом выполнения j-го события будет определение области Δh_i, в которой отсутствуют знания, необходимые для решения задачи (рис. 3). Используя уравнение (9), проведём аналогию для простейшего потока событий в поисковом исследовании, где значением из интервала $[a; b]$ будет количество знаний $\Delta з_i$ или количество незнания Δh_i, выявленное событием:

$$M[з] = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} з_i = \Delta З_{ср}, \quad (10)$$

$$M[h] = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} h_i = \Delta H_{ср}. \quad (11)$$

Если приравнять единице максимальное количество полезных знаний, которые можно получить за интервал времени Δt, то можно записать $\Delta H_{ср} = 1 – З_{ср}$. Для соблюдения размерностей при расчёте и изображении зависимостей в системе координат xyz, H и З будем рассматривать в долях. Подставим уравнения (10) и (11) в (8) и получим интенсивности потока событий, учитывая равенство $x = \Delta t$:

$$\lambda = \frac{M(З)}{\Delta t} = \frac{\Delta З_{ср}}{\Delta t}, \quad (12)$$

$$\mu = \frac{M(H)}{\Delta t} = \frac{\Delta H_{ср}}{\Delta t} = \frac{1 - \Delta З_{ср}}{\Delta t}. \quad (13)$$

Для системы xyz интенсивность ещё можно получить следующим образом:

$$\lambda = \frac{N_{ср}}{t} \approx \frac{n_{ср} \cdot \Delta з}{t} = \frac{\Delta З}{t}, \quad (14)$$

где $N_{ср}$ – это среднее число событий в единицу времени t;

$n_{ср}$ – это среднее количество элементарных событий $\Delta з$;

$\Delta з$ – это положительный исход i-го события, результатом которого стала информация, представляющая интерес для решения текущей задачи;

$\Delta З$ – это некое количество знаний, полученное в единицу времени t.

Финальные вероятности, как функции от $\Delta З$, получены подстановкой уравнения (12) или (14) в уравнения (2)–(6):

$$P_1(t; \Delta З) = \frac{(t - \Delta З)}{(t + 3 \cdot \Delta З)}, \quad (15)$$

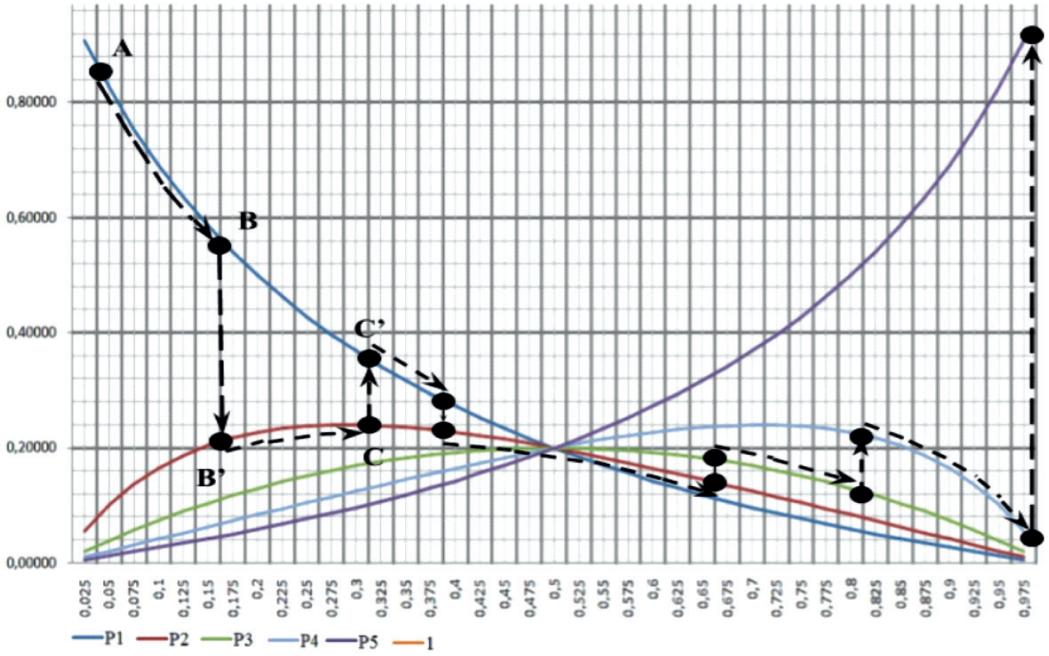

Рис. 2. Перемещение точки по графикам зависимости $P_1(\lambda)$, $P_2(\lambda)$, $P_3(\lambda)$, $P_4(\lambda)$ и $P_5(\lambda)$ на плоскости xy

$$P_2(t;\Delta З)=\frac{5\cdot\Delta З\cdot(t-\Delta З)}{(t+3\cdot\Delta З)\cdot(2\cdot t+\Delta З)}, \qquad (16)$$

$$P_3(t;\Delta З)=\frac{5\cdot\Delta З\cdot(t-\Delta З)}{(2\cdot t+\Delta З)\cdot(3\cdot t+\Delta З)}, \qquad (17)$$

$$P_4(t;\Delta З)=\frac{5\cdot\Delta З\cdot(t-\Delta З)}{(4\cdot t-3\cdot\Delta З)\cdot(3\cdot t+\Delta З)}, \qquad (18)$$

$$P_5(t;\Delta З)=\frac{\Delta З}{(4\cdot t-3\cdot\Delta З)}. \qquad (19)$$

Рассмотрим рис. 1. На нём изображена плоскость P_1, которая соответствует вероятности пребывания процесса поискового исследования на первом этапе. Первым этапом процесса является литературно-патентный обзор, который был выбран случайным образом для визуализации примера и объяснения теории данной статьи. Аналогично можно брать для рассмотрения и другие плоскости: P_2, P_3, P_4 и P_5, которые могут быть получены аналогичным образом из проекций на плоскость *xy* финальных вероятностей: $P_2(\lambda)$, $P_3(\lambda)$, $P_4(\lambda)$ и $P_5(\lambda)$. Такой подход возможен, если рассматривать плоскость вблизи финальных вероятностей. Рассматриваемый период времени близок к моменту завершения поискового исследования и несоизмеримо мал со всем временем, которое было затрачено на поисковое исследование. Для проведения более точных исследований и анализа всех этапов поискового исследования необходимо использовать плоскости, которые могут быть получены из уравнений (15)–(19) путём пошаговой подстановки значений *t* и З. Таким образом будут получены более точные изображения плоскостей P_1, P_2, P_3, P_4 и P_5. Необходимо заметить, что З будет соответствовать , так как они отображаются в одинаковой размерности и связаны формулой (12).

Для плоскости P_1 финальная вероятность имеет вид функции $P_1(\lambda)$. Если с течением времени не происходит событий с положительным исходом, то ход процесса поискового исследования можно изобразить прямой линией ***C***, которая расположена на плоскости P_1. Или запишем $C\notin P_1$. После появления событий с положительным исходом кривая движения процесса поискового исследования будет определена зависимостью $f(t)\neq$ const, которая также будет расположена на плоскости P_1 или $f(t)\in P_1$. Функцию $P_1(\lambda)$ можно считать проекцией функции $f(t)$ на плоскость *xy*. Чтобы не нарушить единство существующих законов математики, физики и обработки информации, будем учитывать скорость движения точки в пространстве на плоскостях *xyz* и *xy*, не учитывая массу точки и разные виды энергии. Процесс поискового исследования можно представить перемещающейся точкой на плоскости P_1 или на графике $P_1(\lambda)$. Характеристикой хода данного процесса может стать скорость движения *v* нематериальной точки. Если рассматривать движение точки в системе координат *xyz*, то нужно рассматривать путь от точки *A* до точки *B* по кривой $f(t)$, которая $f(t)\in P_1$. Если для расчёта *v* учитывать перемещение точки по проекции $f(t)$ на плоскость *xy*, то нужно рассматривать путь от точки A_y до точки B по кривой $P_1(\lambda)$, которая $P_1(\lambda)\in P_1$. Необходимо скорость движения такой точки рассматривать как вектор, который раскладывается на составляющие в декартовых координатах. Так как закон сохранения энергии не принимается в расчёт, то при переходе точки с одной плоскости P_i на другую плоскость P_j, скорость будет рассчитываться заново, исходя из новых сложившихся условий. Такой переход будет мгновенным. Намерение начать следующий этап поискового исследования запускает новый когнитивный процесс с найденным количеством знаний З, полученным за времена *t*.

Приведём пример. Пусть в точке *B* происходит переход на следующий этап поискового исследования – изучение математических моделей. Тогда, учитывая уравнение (12), можно записать

$$t = t_1; З = \lambda_{ab} \cdot t_1 = n_{cp} \cdot з. \quad (20)$$

Если полученного З недостаточно для выполнения текущего этапа, то произойдёт моментальный переход на нужный этап поискового исследования. Он происходит сразу же после того, как проблема будет зафиксирована и будет принято решение запустить новый этап.

Точка может перемещаться по плоскостям P_1, P_2, P_3, P_4 и P_5 и с плоскости на плоскость в последовательности, которая может зависеть от сложившихся внешних условий. Предлагаемая авторами модель может учесть различные случаи: от идеального до самого худшего, который может занять наибольшее время *t*. Графическое изображение процесса движения точки по плоскостям можно представить в виде кривой $f_{xz}(t)$ на плоскости *xz* – вид сверху (рис. 3). Перемещение точки можно представить её перемещением по графикам зависимости $P_2(\lambda)$, $P_3(\lambda)$, $P_4(\lambda)$ и $P_5(\lambda)$ в плоскости *xy* (рис. 2).

Рассмотрим перемещение по отрезку [D; E] кривой $f_{xz}(t)$ на плоскости *xz* (рис. 4). Данный отрезок кривой расположен на плоскости P_i. Можно записать следующее для перемещения точки по плоскости P_i:

$$D \notin P_{i-1}; DE \notin P_i; E \notin P_{i-1}. \quad (21)$$

Рисунок помогает получить картину общего движения точки с момента начала работ до их завершения, как плоскую проекцию движения точки на плоскость *xz*. К сожалению, рисунок не даёт увидеть переходы с одной плоскости на другую. В момент перехода с плоскости P_{i-1} на плоскость P_i точка *D* сначала принадлежит плоскости $P_{i-1}(D \in P_{i-1})$, а потом принадлежит плоскости $P_i(D \in P_{i-1})$. На рис. 5 переход не виден, так как на виде сверху на плоскость *xz* он изображается одной точкой (точкой *D*). Записанные уравнения (21) становятся понятны при визуализации перемещения точки по финальным вероятностям $P_1(\lambda)$, $P_2(\lambda)$, $P_3(\lambda)$, $P_4(\lambda)$ и $P_5(\lambda)$ на плоскости *xy* (рис. 2).

Решение

Получим выражение для скорости движения точки по графикам зависимости $P_1(\lambda)$, $P_2(\lambda)$, $P_3(\lambda)$, $P_4(\lambda)$ и $P_5(\lambda)$ на плоскости *xy*. Запишем проекции скорости на оси декартовой системы координат:

$$\nu_x = \hat{x}; \nu_y = \hat{y}; \nu_z = \hat{z}. \quad (22)$$

Вектор скорости в декартовых координатах:

$$\overline{\nu} = \hat{x} \cdot \overline{i} + \hat{y} \cdot \overline{j} + \hat{z} \cdot \overline{k}, \quad (23)$$

где $\overline{i}, \overline{j}, \overline{k}$ – это единичные орты.

Тогда модуль вектора скорости равен

$$\nu = \sqrt{(\hat{x})^2 + (\hat{y})^2 + (\hat{z})^2}. \quad (24)$$

Для рассмотрения конкретных случаев и определения ускорения точки необходимо учитывать проекции скорости на оси *y* и *z*, так как ось *z* отражает ось времени. При ускоренном движении скорость равна

$$\overline{\nu} = \int_{t_1}^{t_2} \overline{a}\, dt, \quad (25)$$

где $\overline{a}$ – это ускорение точки;

$t_1 \le t \le t_2$ – это отрезок времени, в течение которого рассматривается скорость.

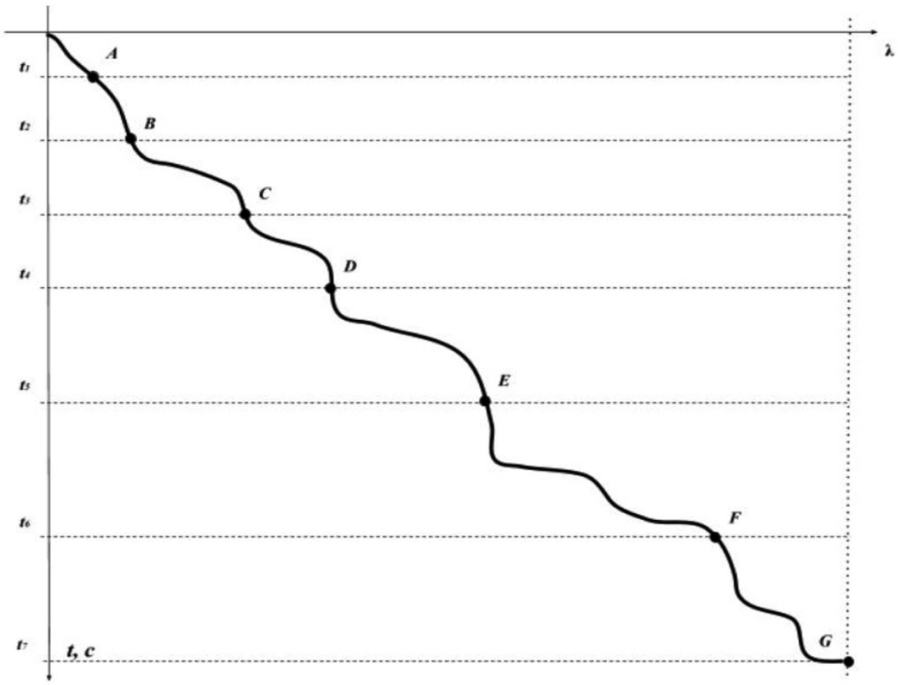

Рис. 3. Графическое изображение процесса движения точки по плоскостям в виде кривой $f_{xz}(t)$ на плоскости xz – вид сверху

Далее подробно рассмотрим движение точки по плоскости *xy*, которая отражает график зависимости финальной вероятности P_i от своей проекции движения. Скорость точки равна:

$$\nu_{P_i} = \frac{dP_i(\lambda)}{dt_x}, \tag{26}$$

где

$$t_x = \hat{x}_t = \lambda, \tag{27}$$

$$P_1(\lambda) = \frac{(1-\lambda)}{(1+3\cdot\lambda)} \tag{28}$$

уравнение, которое было получено авторами в предыдущем исследовании [20] для графика вероятности первого этапа.

Подставим уравнения (27) и (28) в (26) и получим выражение для скорости движения точки по графику $P_1(\lambda)$:

$$v_{P_1} = \frac{d}{d\lambda}\left(\frac{1-\lambda}{1+3\cdot\lambda}\right) = -\frac{4}{(1+3\cdot\lambda)^2}. \tag{29}$$

Минус в итоговом выражении говорит о том, что точка движется против оси *y*, то есть оси P_1. Действительно, она спускается вниз по графику финальной вероятности $P_1(\lambda)$ или по представленной на рис. 1 плоскости P_1.

Аналогичным образом можно вывести формулы для скоростей перемещения точки по оставшимся графикам вероятностей:

$$P_2(\lambda) = \frac{5\cdot\lambda\cdot(1-\lambda)}{(1+3\cdot\lambda)\cdot(2+\lambda)} \text{ – график вероятности второго этапа,} \tag{30}$$

$$P_3(\lambda) = \frac{5\cdot\lambda\cdot(1-\lambda)}{(3-\lambda)\cdot(2+\lambda)} \text{ – график вероятности третьего этапа,} \tag{31}$$

$$P_4(\lambda) = \frac{5\cdot\lambda\cdot(1-\lambda)}{(4-3\cdot\lambda)\cdot(3-\lambda)} \text{ – график вероятности четвёртого этапа,} \tag{32}$$

$$P_4(\lambda) = \frac{\lambda}{(4-3\cdot\lambda)} \text{ – график вероятности пятого этапа.} \tag{33}$$

Будем подставлять в уравнение (26) последовательно уравнение (27) и уравнения (30)–(33). Результаты запишем ниже:

$$\nu_{P_2} = \frac{d}{d\lambda}\left(\frac{5\cdot\lambda\cdot(1-\lambda)}{(1+3\cdot\lambda)\cdot(2+\lambda)}\right) = \frac{5\cdot(1-2\cdot\lambda)\cdot(1+3\cdot\lambda)\cdot(2+\lambda) - 5\cdot\lambda\cdot(1-\lambda)\cdot(7+6\cdot\lambda)}{(1+3\cdot\lambda)^2\cdot(2+\lambda)^2}, \tag{34}$$

$$\nu_{P_3} = \frac{d}{d\lambda}\left(\frac{5\cdot\lambda\cdot(1-\lambda)}{(3-\lambda)\cdot(2+\lambda)}\right) = \frac{5\cdot(1-2\cdot\lambda)\cdot\left[(3-\lambda)\cdot(2+\lambda) - \lambda\cdot(1-\lambda)\cdot(1-\lambda)\right]}{(3-\lambda)^2\cdot(2+\lambda)^2}, \tag{35}$$

$$\nu_{P_4} = \frac{d}{d\lambda}\left(\frac{5\cdot\lambda\cdot(1-\lambda)}{(3-\lambda)\cdot(4-3\cdot\lambda)}\right) = \frac{5\cdot(1-2\cdot\lambda)\cdot(4-3\cdot\lambda)\cdot(3-\lambda) - 5\cdot\lambda\cdot(1-\lambda)\cdot(6\cdot\lambda-13)}{(4-3\cdot\lambda)^2\cdot(3-\lambda)^2}, \tag{36}$$

$$\nu_{P_5} = \frac{d}{d\lambda}\left(\frac{\lambda}{4-3\cdot\lambda}\right) = \frac{4}{(4-3\cdot\lambda)^2}, \tag{37}$$

где $V_{P_2}(\lambda)$ – скорости движения точки по графику $P_2(\lambda)$;

$V_{P_3}(\lambda)$ – скорости движения точки по графику $P_3(\lambda)$;

$V_{P_4}(\lambda)$ – скорости движения точки по графику $P_4(\lambda)$;

$V_{P_5}(\lambda)$ – скорости движения точки по графику $P_5(\lambda)$.

Результаты исследования и из обсуждение

Для количественной оценки и проведения дальнейших исследований построим графики зависимостей (29)–(33) скоростей перемещения точек по кривым (28), (30)–(33) от интенсивности потока. Пусть интенсивность потока изменяется с шагом 0,025 в интервале [0; 1]. Подставим в уравнения $V_{P_1}(\lambda), V_{P_2}(\lambda), V_{P_3}(\lambda), V_{P_4}(\lambda)$, и $V_{P_5}(\lambda)$, а результаты запишем в итоговую таблицу. И запишем результаты этих значений взятых по модулю.

Используя данные таблицы, построим графики зависимостей $\nu_{P_1}(\lambda), \nu_{P_2}(\lambda)$, $\nu_{P_3}(\lambda), \nu_{P_4}(\lambda)$, и их модулей (рис. 4).

Результаты вычислений $\nu_{P_1}(\lambda), \nu_{P_2}(\lambda), \nu_{P_3}(\lambda), \nu_{P_4}(\lambda)$ и их модулей

	$\nu_{P_1}(\lambda)$	$\nu_{P_2}(\lambda)$	$\nu_{P_3}(\lambda)$	$\nu_{P_4}(\lambda)$	$\nu_{P_5}(\lambda)$	$\lvert\nu_{P_1}(\lambda)\rvert$	$\lvert\nu_{P_2}(\lambda)\rvert$	$\lvert\nu_{P_3}(\lambda)\rvert$	$\lvert\nu_{P_4}(\lambda)\rvert$	$\lvert\nu_{P_5}(\lambda)\rvert$
0	–4	2,5	0,833	0,416	0,25	4	2,5	0,833	0,416	0,25
0,025	–3,461	1,998	0,785	0,461	0,259	3,461	1,998	0,785	0,461	0,259
0,05	–3,024	1,596	0,738	0,501	0,269	3,024	1,596	0,738	0,501	0,269
0,075	–2,665	1,272	0,692	0,536	0,280	2,665	1,272	0,692	0,536	0,280
0,1	–2,366	1,006	0,647	0,566	0,292	2,366	1,006	0,647	0,566	0,292
0,125	–2,115	0,786	0,602	0,591	0,304	2,115	0,786	0,602	0,591	0,304
0,15	–1,902	0,604	0,559	0,609	0,317	1,902	0,604	0,559	0,609	0,317
0,175	–1,719	0,451	0,516	0,621	0,331	1,719	0,451	0,516	0,621	0,331
0,2	–1,562	0,322	0,474	0,627	0,346	1,562	0,322	0,474	0,627	0,346
0,225	–1,425	0,213	0,432	0,626	0,361	1,425	0,213	0,432	0,626	0,361
0,25	–1,306	0,120	0,391	0,617	0,378	1,306	0,120	0,391	0,617	0,378
0,275	–1,200	0,041	0,351	0,600	0,396	1,200	0,041	0,351	0,600	0,396
0,3	–1,108	–0,026	0,311	0,574	0,416	1,108	0,026	0,311	0,574	0,416
0,325	–1,025	–0,084	0,271	0,540	0,437	1,025	0,084	0,271	0,540	0,437
0,35	–0,951	–0,134	0,232	0,496	0,459	0,951	0,134	0,232	0,496	0,459
0,375	–0,885	–0,177	0,192	0,442	0,483	0,885	0,177	0,192	0,442	0,483
0,4	–0,826	–0,215	0,154	0,377	0,510	0,826	0,215	0,154	0,377	0,510
0,425	–0,772	–0,247	0,115	0,301	0,538	0,772	0,247	0,115	0,301	0,538
0,45	–0,724	–0,275	0,076	0,213	0,569	0,724	0,275	0,076	0,213	0,569
0,475	–0,680	–0,299	0,038	0,113	0,603	0,680	0,299	0,038	0,113	0,603
0,5	–0,64	–0,32	0	0	0,64	0,64	0,32	0	0	0,64
0,525	–0,603	–0,337	–0,038	–0,126	0,680	0,603	0,337	0,038	0,126	0,680
0,55	–0,569	–0,353	–0,076	–0,267	0,724	0,569	0,353	0,076	0,267	0,724
0,575	–0,538	–0,366	–0,115	–0,423	0,772	0,538	0,366	0,115	0,423	0,772
0,6	–0,510	–0,377	–0,154	–0,594	0,826	0,51	0,377	0,154	0,594	0,826
0,625	–0,483	–0,386	–0,192	–0,779	0,885	0,483	0,386	0,192	0,779	0,885
0,65	–0,459	–0,394	–0,232	–0,98	0,951	0,459	0,394	0,232	0,980	0,951
0,675	–0,437	–0,401	–0,271	–1,195	1,025	0,437	0,401	0,271	1,195	1,025
0,7	–0,416	–0,406	–0,311	–1,425	1,108	0,416	0,406	0,311	1,425	1,108
0,725	–0,396	–0,411	–0,351	–1,667	1,2	0,396	0,411	0,351	1,667	1,2
0,75	–0,378	–0,414	–0,391	–1,919	1,306	0,378	0,414	0,391	1,919	1,306
0,775	–0,361	–0,417	–0,432	–2,179	1,425	0,361	0,417	0,432	2,179	1,425
0,8	–0,346	–0,419	–0,474	–2,44	1,562	0,346	0,419	0,474	2,440	1,562
0,825	–0,331	–0,42	–0,516	–2,696	1,719	0,331	0,42	0,516	2,696	1,719
0,85	–0,317	–0,421	–0,559	–2,936	1,902	0,317	0,421	0,559	2,936	1,902
0,875	–0,304	–0,421	–0,602	–3,145	2,115	0,304	0,421	0,602	3,145	2,115
0,9	–0,292	–0,421	–0,647	–3,3	2,366	0,292	0,421	0,647	3,3	2,366
0,925	–0,280	–0,420	–0,692	–3,371	2,665	0,280	0,420	0,692	3,371	2,665
0,95	–0,269	–0,419	–0,738	–3,312	3,024	0,269	0,419	0,738	3,312	3,024
0,975	–0,259	–0,418	–0,785	–3,055	3,461	0,259	0,418	0,785	3,055	3,461
1	–0,25	–0,416	–0,833	–2,5	4	0,25	0,416	0,833	2,5	4

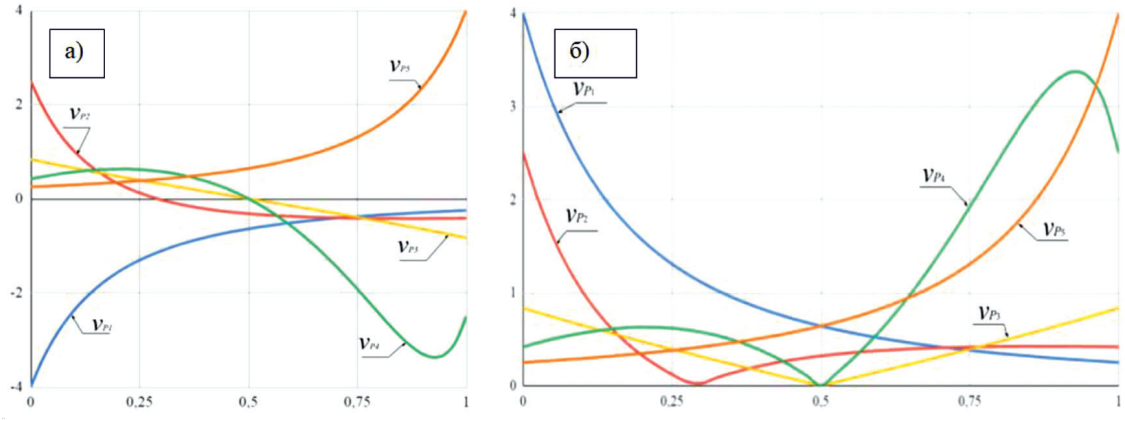

Рис. 4. Графики зависимостей а) $v_{P_1}(\lambda), v_{P_2}(\lambda), v_{P_3}(\lambda), v_{P_4}(\lambda)$, б) значения взятые по модулю

Выводы

1. Получены данные, необходимые для проведения первоначального грубого анализа систем управления процессами обработки информации, которые рассматриваются во времени и существуют на каждом этапе поискового исследования.

Получены графики зависимостей скорости перемещения рабочей точки, характеризующей поисковое исследование, по вероятностным характеристикам каждого этапа поискового исследования. Предложены:

– графическое изображение процесса движения точки по плоскостям в виде кривой $f_{xz}(t)$ на плоскости *xz* – вид сверху;

– графическое изображение перемещения точки по графикам зависимости $P_1(\lambda)$, $P_2(\lambda)$, $P_3(\lambda)$, $P_4(\lambda)$ и $P_5(\lambda)$ на плоскости *xy*;

– графическое изображение перемещения точки по плоскости P_1 в пространстве *xyz* рядом с финальной вероятностью $P_1(\lambda)$.

Результаты исследования, если будут учтены при поэтапной оптимизации процесса поискового исследования, помогут разработчикам информационных систем и программного обеспечения достичь желаемой цели – снизить временные затраты на проведение поискового исследования. Для этого в теории статьи была учтена специфика поискового исследования, которое имеет дело с потоком научной информации и соответствующим образом обрабатывается на каждом этапе.

2. Получены данные, необходимые для определения показателей качества представления информации, используемой процессами обработки информации, которые рассматриваются во времени.

Были получены математические зависимости вероятности пребывания рабочей точки в текущем этапе поискового исследования:

– от времени выполнения процесса;

– полученных полезных знаний.

Авторы статьи предлагают обратить внимание на переменную – полезные знания для решения следующего этапа, полученные за время выполнения текущего. В дальнейших исследованиях будут использованы данные зависимости. По ним планируется построение плоскостей и их тщательный анализ.

Исследование проведено при финансовой поддержке РФФИ. Название проекта: «Развитие теории качественной оценки информации с учётом её структурной составляющей», № 19-47-230004, от 19.04.2019 г.

Список литературы

1. Анджей Г., Васючков Ю.Ф., Томаш С. Использование геотермальной энергии на шахтах // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2003. № 1. С. 7–502.

2. Воронкова Е.А. Инновационные подходы в развитии энергосбережения российского агропромышленного комплекса // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2009. № 23(1). С. 117–120.

3. Трофимова В.Ш., Липатников А.В. Разработка методики планирования почасового потребления электрической энергии крупным металлургическим предприятием (на примере ОАО «ММК») // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2014. № 3 (47). С. 57–62.

4. Радоман Н.В., Александров О.И., Свирский Д.Н. Оптимизация режимов электропотребления энергоёмкого машиностроительного производства // Вестник Витебского государственного технологического университета. 2014. № 26. С. 89–96.

5. Шешукова Т.Г., Колесень Е.В. Оценка затратна исследования и разработки как компонента инновационного потенциала предприятия // Вестник ПГУ. Серия: Экономика. 2012. № 2. С. 25–34.

6. Шмидт А.В., Горяева Е.Н., Горяева И.А. Снижение транспортных затрат как фактор повышения экономической устойчивости промышленного предприятия // Вестник

ЮУрГУ. Серия: Экономика и менеджмент. 2012. № 30. С. 193–194.

7. Самигулина Г.А., Самигулин Т.И. Обзор современных подходов искусственного интеллекта для систем управления сложными объектами // Проблемы информатики. 2018. № 3 (40). С. 4–20.

8. Ахпашев Р.В. Разработка программного приложения для оптимизации радиопокрытия сети LTE // Проблемы информатики. 2017. № 3 (36). С. 78–98.

9. Шаршеналиев Ж.Ш. О проблемеах и противоречиях управления кибернетическими и синергетическими динамическими системами // Проблемы информатики. 2012. № 3. С. 10–21.

10. Тонконогов А.В. Обеспечение кибернетической безопасности России в современных геополитических условиях // Правовая информатика. 2014. № 3. С. 4–5.

11. Popova O., Popov B., Karandey V., Gerashchenko A. Entropy and algorithm of obtaining decision trees in a way approximated to the natural intelligence. International Journal of Cognitive Informatics and Natural Intelligence. 2019. № 13 (3). P. 50–66.

12. Popova O., Shevtsov Y., Popov B., Karandey V., Klyuchko V. The development ofthe theory of quality assessment of the information, taking into account its stractural component. Advances in Intelligent Systems and Computing. 2020. № 965. P. 179–191.

13. Popova O., Popov B., Karandey V., Evseeva M. Intelligence amplification via language of choice description as a mathematical object (binary tree of question-answer system). Procedia Social and Behavioral Science. 2015. № 214. P. 897–905.

14. Дозоцева М.Н. Использование приёмов критического мышления «ментальная карта» // Образование и проблемы развития общества. 2016. № 1 (1). С. 4–8.

15. Глазков К.П. Ментальные карты: способы анализа, погрешность и пространственная метрика // Социология власти. 2013. № 3. С. 39–56.

16. Купреенко А.И., Исаев Х.М., Михайличенко С.М. Решение системы уравнений Колмогорова для обобщённого графа состояний автоматического кормового вагона // Вестник ФГОУ ВПО Брянская ГСХА. 2019. № 1 (71). С. 56–68.

17. Смагин В.А., Гусеница Я.Н. Моделирование одноканальных нестационарных систем обслуживания, представленных циклическим графом состояний // Приборостроение. 2016. № 10. С. 801–806.

18. Купреенко А.И., Исаев Х.М., Михайличенко С.М. Решение системы уравнений колмогорова дляобобщённого графа состояний автоматического кормового вагона // Вестник ФГОУ ВПО Брянская ГСХА. 2019. № 1 (71). С. 56–68.

19. Ивуть Р.Б., Кисель Т.Р. Теория логистики. Минск, 2011.

20. Феллер В. Глава XI. Целочисленные величины. производящие функции // Введение в теорию вероятностей и её приложения = An introduction to probability theory and its applicatons, Volume I second edition / Перевод с англ. Р.Л. Добрушина, А.А. Юшкевича, С.А. Молчанова Под ред. Е.Б. Дынкина с предисловием А.Н. Колмогорова. 2-е изд. М.: Мир, 1964. С. 270–272.