

Д. С. Звягин

МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА СУДЕБНОЙ ПОЧЕРКОВЕДЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ НА ОСНОВЕ СТОХАСТИЧЕСКОЙ СЕТИ ПЕТРИ

A MODEL FOR EVALUATING THE QUALITY OF THE FORENSIC HANDWRITING EXAMINATION PROCESS BASED ON A STOCHASTIC PETRI NET

Для оценки качества проведенного почерковедческого исследования вводятся определенные критерии. В статье рассматривается модель процесса проведения судебно-почерковедческой экспертизы, в которой вносятся дополнения, позволяющие вычислить оценки показателей качества. На примере одного из этапов процесса производства почерковедческого исследования на основе стохастической сети Петри вычисляются данные значения показателей качества.

Certain criteria are introduced to assess the quality of handwriting research. The article considers a model of the process of conducting a forensic handwriting examination, in which additions are made that allow calculating estimates of quality indicators. On the example of one of the stages of the production process of handwriting research based on a stochastic Petri net, these values of quality indicators are calculated.

Введение. Судебно-почерковедческая экспертиза была и остается одной из самых востребованных видов экспертиз, назначаемых по гражданским, арбитражным и уголовным делам. Судебно-почерковедческая экспертиза представляет собой трудоемкий процесс, выполняемый одним или несколькими экспертами. Весь процесс проведения почерковедческого исследования разделяется на несколько стадий (этапов). Одним из основных этапов, на котором эксперт выявляет совпадающие и различающиеся признаки почерка, называется сравнительный. Именно на этом этапе многое зависит от качества проведения данного сравнительного исследования.

Для того чтобы оценить качество выполненной судебно-почерковедческой экспертизы, необходимо ввести определенные критерии и показатели. Анализируя практическую деятельность работы с данным видом экспертиз, можно с уверенностью сказать, что значения показателей зависят от практического опыта эксперта, выполняющего исследование; объема исследуемого объекта (количество букв, слов); объема и качества сравнительных образцов; технических средств, используемых при исследовании и т.д. [1]

Рассматривая детально построенную в [2] модель процесса производства судебно-почерковедческой экспертизы, на различных этапах проведения исследования можно внести коррективы в виде дополнения выходных позиций, которые будут отвечать за оценку качества проведения исследования на определенном этапе, значение которых необходимо вычислить исходя из первоначальных данных (рис. 1).

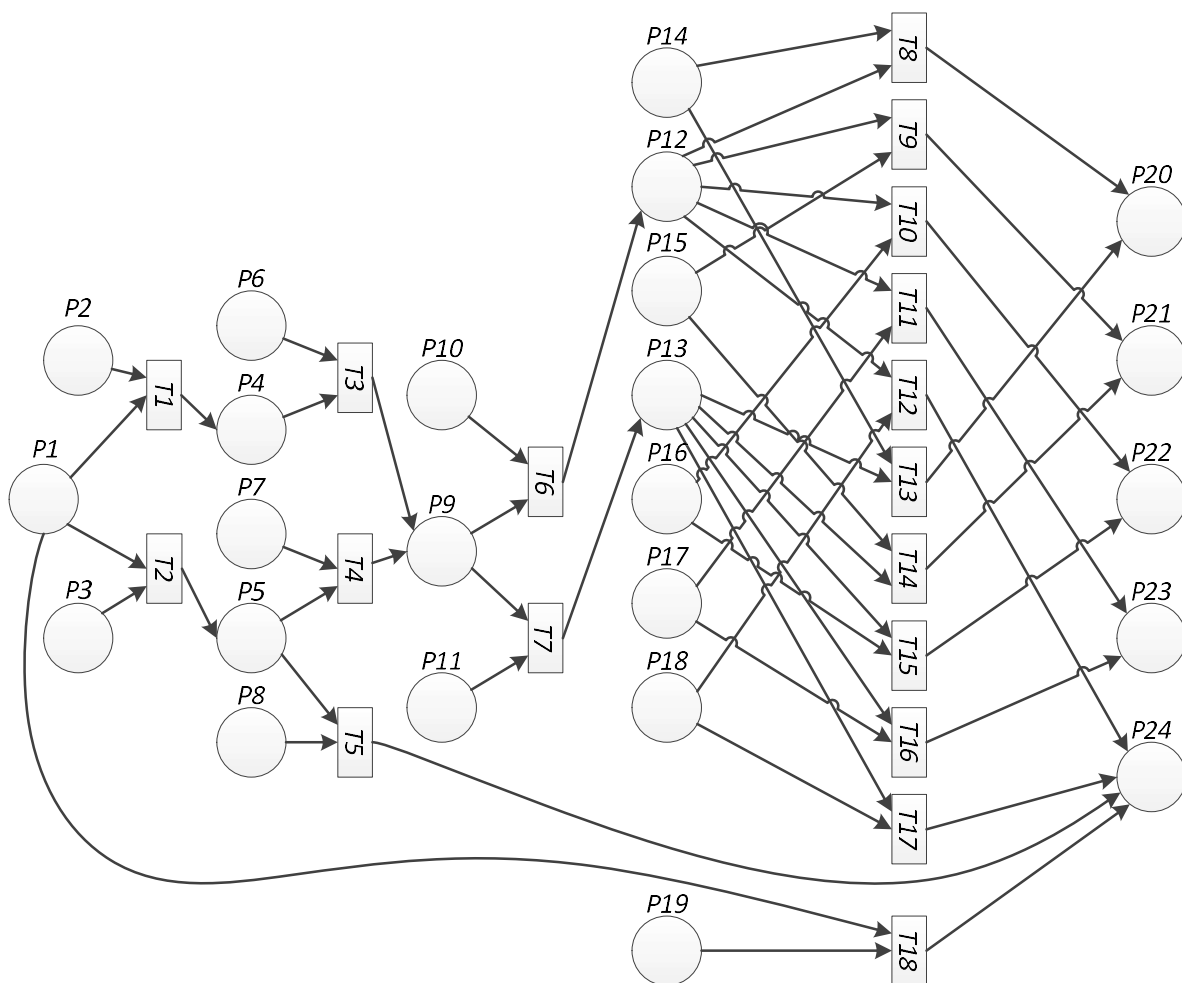


Рис. 1. Модель процесса производства судебной почерковедческой экспертизы

Постановка задачи. Показатель оценки качества всего процесса производства судебно-почерковедческой экспертизы зависит от совокупности значений показателей на различных этапах проведения исследования, начиная от самого первого. Для примера будет рассматриваться один из этапов процесса производства судебно-почерковедческой экспертизы, а именно начальный процесс сравнительного исследования.

Решение. Рассмотрим этап, на котором одна из входных позиций, P_6 , является условием, а именно условием, при котором на экспертизу представлены образцы почерка, выполненные скорописью, а другая, P_4 , — позиция, в которой исследуемый почерк выполнен скорописью. Выходная позиция, P_9 , — это позиция, в которой исследуемый почерк и представленные на экспертизу образцы сопоставимы (рис. 2).

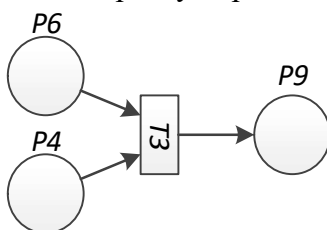


Рис. 2. Фрагмент модели процесса производства судебной почерковедческой экспертизы

Для начала введем количественное значение в позицию P_6 , то есть количество фишек в данной позиции не ограничивается одной. К примеру, на экспертизу вместе с объектом исследования P_4 поступило четыре листа бумаги с экспериментальными образцами почерка. Это значит, что в позиции P_4 появляется одна фишка, а в позиции P_6 — четыре (рис. 3).

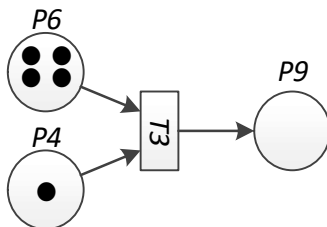


Рис. 3. Фрагмент модели процесса производства судебной почерковедческой экспертизы

Далее, для решения задачи по вычислению значения оценки качества необходимо ввести еще одну позицию P_n , являющуюся выходной, в которую будут переходить все возможные фишки с входных позиций при максимальном срабатывании перехода [3, 4]. А для этого необходимо перестроить рассматриваемую модель (рис. 4).

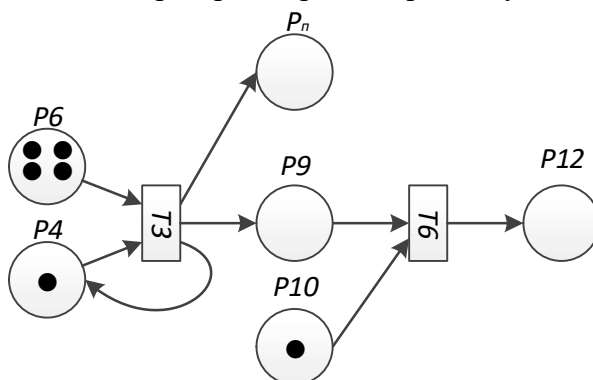


Рис. 4. Дополненная модель, рассматриваемая в качестве примера

Введем обозначение π_k , являющееся показателем оценки качества проведения почерковедческого исследования. Рассматривая представленную сеть Петри (рис. 4):

$$\pi_k = \mu(P_n),$$

где $\mu(P_n)$ — максимально возможное количество фишек в позиции P_n .

Данная π_k в рассматриваемом примере при максимальном срабатывании перехода T_3 равна 4 (рис. 5).

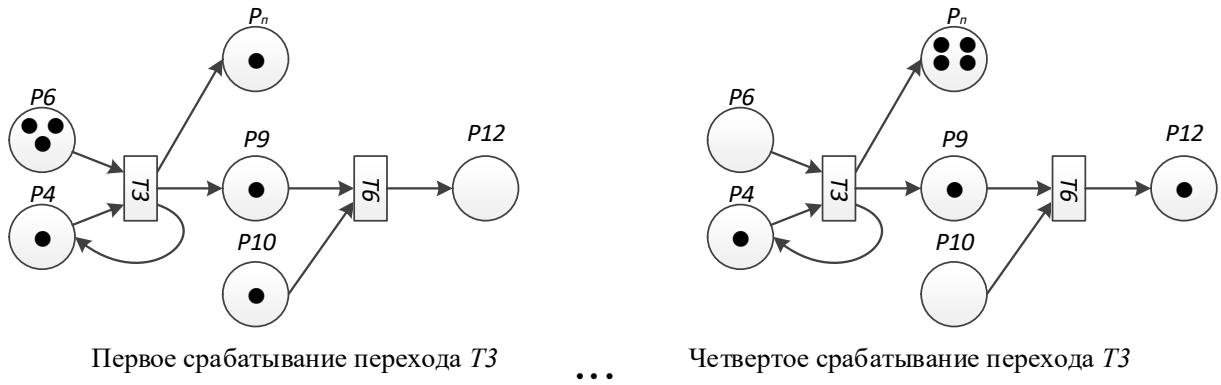


Рис. 5. Расположение фишек в позициях после срабатывания переходов

Теперь определим π_k для стохастической сети Петри [5].

Для начала, исходя из статистики Экспертно-криминалистического центра ГУ МВД России по Воронежской области за последние пять лет, установим вероятности нахождения фишек в позиции P_6 :

n	0	1	2	3	4
μ_n^s	0	0,1	0,1	0,6	0,2

где n — количество фишек, соответствующее количеству листов с экспериментальными образцами почерка, μ_n^s — значение вероятности нахождения n фишек в позиции.

Тогда начальная маркировка позиций [6]:

$$\mu^s(P_6) = \begin{Bmatrix} 0 \\ 0,1 \\ 0,1 \\ 0,6 \\ 0,2 \end{Bmatrix}, \mu^s(P_4) = \begin{Bmatrix} 0 \\ 1 \end{Bmatrix}, \mu^s(P_9) = \mu^s(P_n) = \begin{Bmatrix} 1 \end{Bmatrix}.$$

Рассмотрим пример первого срабатывания перехода T_3 .

Переход T_3 разрешен, так как $\mu_1^s(P_6) = 0,1, \mu_1^s(P_4) = 1$.

После срабатывания перехода T_3 маркировка позиции P_6 имеет следующий вид:

$$\bar{\mu}_0^s(P_6) = \sum_{\alpha=0}^1 \mu_{\alpha}^s(P_6) = 0 + 0,1 = 0,1,$$

$$\bar{\mu}^s(P_6) = \begin{Bmatrix} 0,1 \\ 0,1 \\ 0,6 \\ 0,2 \end{Bmatrix}.$$

Маркировка выходной позиции $\bar{\mu}^s(P_n)$ перехода T_3 равна вектору диагональной свертки вектора $\mu^s(P_n)$ и вектора

$$r^T = \begin{Bmatrix} r_0 & r_1 & \dots & r_k \end{Bmatrix},$$

где

$$r_k = r_1 = \left[\sum_{\alpha=1}^4 \mu_{\alpha}^s(P_6) \right] \times \left[\sum_{\alpha=1}^1 \mu_{\alpha}^s(P_4) \right] = (0,1 + 0,1 + 0,6 + 0,2) \times 1 = 1;$$

$$r_0 = 1 - r_k = 1 - 1 = 0.$$

Окончательно: $r^T = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}$. Определим матрицу Грама векторов $\mu^s(P_n)$ и r .

$$G(\mu^s(P_4), r) = \|1\| \times \begin{bmatrix} 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \end{bmatrix}.$$

Вектор диагональной свертки $di(G(\mu^s(P_4), r))$ в данном случае будет соответствовать матрице Грама, описанной выше.

Таким образом, маркировка позиции P_n после первого срабатывания перехода T_3 :

$$\bar{\mu}^s(P_n) = di(G(\mu^s(P_n), r)) = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}.$$

Второе срабатывание перехода T_3 .

Исходя из вышеописанных данных получаем:

$$\bar{\mu}^s(P_6) = \begin{bmatrix} 0,2 \\ 0,6 \\ 0,2 \end{bmatrix};$$

$$\bar{\mu}^s(P_n) = di(G(\mu^s(P_n), r)) = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0,1 & 0,9 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0,1 & 0,9 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0,1 \\ 0,9 \end{bmatrix}.$$

Третье срабатывание перехода T_3 .

$$\bar{\mu}^s(P_6) = \begin{bmatrix} 0,8 \\ 0,2 \end{bmatrix};$$

$$\bar{\mu}^s(P_n) = \begin{bmatrix} 0 \\ 0,1 \\ 0,9 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0,2 & 0,8 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0,02 & 0,08 \\ 0,18 & 0,72 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0,02 \\ 0,26 \\ 0,72 \end{bmatrix}.$$

Четвертое срабатывание перехода T_3 .

$$\bar{\mu}^s(P_6) = \|1\|;$$

$$\bar{\mu}^s(P_n) = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0,016 & 0,004 \\ 0,208 & 0,052 \\ 0,576 & 0,144 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0,016 \\ 0,212 \\ 0,628 \\ 0,144 \end{bmatrix}.$$

Для наглядности изменений значений вероятности нахождения n фишек после каждого срабатывания перехода T_3 , построим диаграмму (рис. 6), а также диаграмму изменений значений вероятности нахождения n фишек в позиции P_6 перед первым срабатыванием перехода T_3 и в позиции P_n после четвертого срабатывания перехода T_3 (рис. 7).

Предложим осуществить оценку показателя качества процесса производства судебно-почерковедческой экспертизы, модель которой построена при помощи стохастической сети Петри, через количество имеющихся сравнительных образцов с учетом вероятности их нахождения в выходной позиции:

$$\pi_{k(n)} = \frac{n}{\max \bar{\mu}_i^s(P)},$$

где n — количество сработанных переходов (или, что то же самое, количество фишек, соответствующее количеству листов с экспериментальными образцами почерка), $\max \bar{\mu}_i^s(P)$ — максимальное значение вероятности нахождения n фишек в позиции P , при $i = 1 \dots n$.

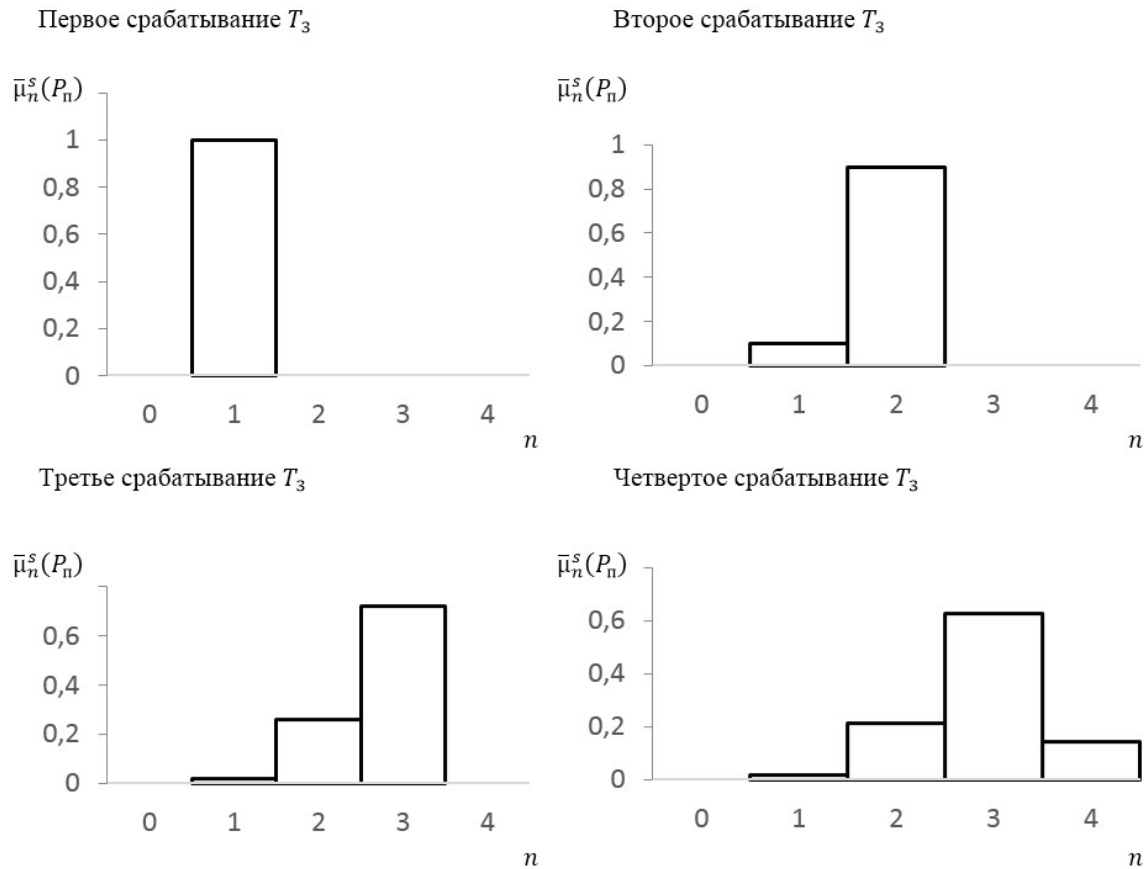


Рис. 6. Диаграммы распределения фишек в позиции P_n после четырех срабатываний перехода T_3

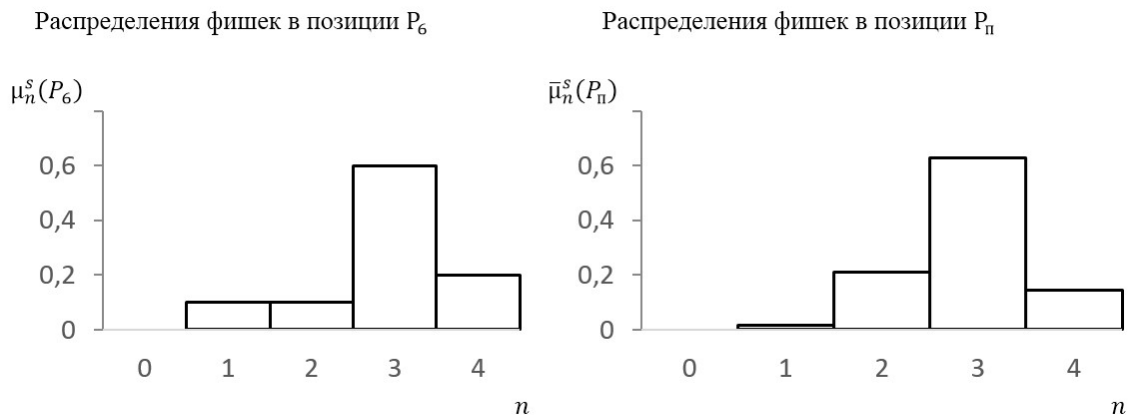


Рис. 7. Диаграммы распределения фишек в позиции P_6 перед первым срабатыванием перехода T_3 и в позиции P_n после четвертого срабатывания перехода T_3

Тогда получаем:

$$\pi_{k(0)} = \frac{0}{1} = 0;$$

$$\pi_{k(1)} = \frac{1}{1} = 1;$$

$$\pi_{k(2)} = \frac{2}{0,9} = 2,22;$$

$$\pi_{k(3)} = \frac{3}{0,72} = 4,17;$$

$$\pi_{k(4)} = \frac{4}{0,628} = 6,37.$$

Таким образом, можно сделать вывод, что, чем больше возможных срабатываний перехода, при котором с установленной вероятностью будет осуществляться переход фишек в рассматриваемую позицию P_n , тем больше показатель оценки качества π_k .

Для проверки предложенной формулы определения значения оценки показателя качества процесса производства судебно-почерковедческой экспертизы, модель которой построена при помощи стохастической сети Петри, рассмотрим пример с позициями P_5 и P_7 , при которых исследуемый объект и сравнительные образцы выполнены стилизованным шрифтом, латинскими буквами, печатными буквами и др. Аналогично вышеописанным действиям дополним модель (рис. 1) процесса производства судебно-почерковедческой экспертизы выходной позицией P'_n (рис. 8).

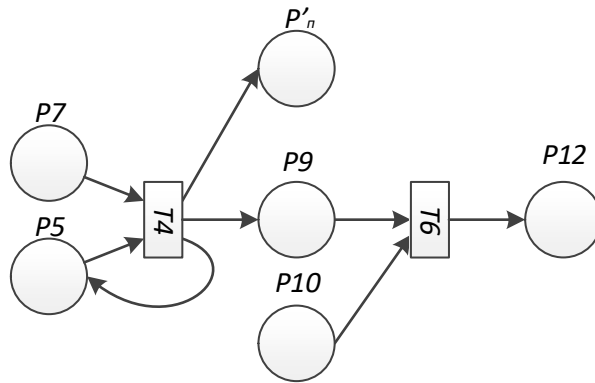


Рис. 8. Дополненная модель, рассматриваемая в качестве примера

Начальная маркировка позиций:

$$\mu^s(P_7) = \begin{pmatrix} 0 \\ 0,3 \\ 0,4 \\ 0,2 \\ 0,1 \end{pmatrix}, \mu^s(P_5) = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}, \mu^s(P_9) = \mu^s(P'_n) = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix}.$$

В итоге получаем:

$$\pi_{k(0)} = \frac{0}{1} = 0;$$

$$\pi_{k(1)} = \frac{1}{1} = 1;$$

$$\pi_{k(2)} = \frac{2}{0,7} = 2,86;$$

$$\pi_{k(3)} = \frac{3}{0,58} = 5,17;$$

$$\pi_{k(4)} = \frac{4}{0,543} = 7,37.$$

Рассмотрев вышеописанные примеры, можно удостовериться в правильности представленной формулы вычисления значения показателя оценки качества при рассмотрении процессов, смоделированных при помощи стохастических сетей Петри.

В дальнейшем данные показатели можно внести в другие этапы построенной в [1] модели. Показатель может зависеть не только от количества сравнительных образцов, но и от качества технических средств, от количества исследуемого материала и т.д.

Заключение. Дополнения, вносимые в модель процесса производства судебно-почерковедческой экспертизы, построенную в виде стохастической сети Петри, позволят оценить качество проведенного исследования, являющееся совокупностью показателей на различных этапах. Помимо этого, определение данной совокупности на первоначальных этапах позволит спрогнозировать полноценность процесса исследования, влияющую на результат вывода экспертизы. Данный прогноз необходим для возможности исключения вывода в форме «не представляется возможным».

ЛИТЕРАТУРА

1. Манцветова А. И., Орлова В. Ф., Славущкая И. А. Теоретические (естественнонаучные) основы судебного почерковедения. 2-е изд. — М. : Наука, 2006. — 443 с.
2. Пьянков О. В., Звягин Д. С. Моделирование процесса производства судебной почерковедческой экспертизы при помощи сетей Петри // Вестник Воронежского института МВД России. — 2020. — С. 57—64.
3. Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем. — М. : Мир, 1984. — 264 с.
4. Котов В. Е. Сети Петри. — М. : Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1984. — 160 с.
5. Лескин А. А., Мальцев П. А., Спиридонов А. М. Сети Петри в моделировании и управлении. — Л. : Наука, 1989. — 133 с.
6. Звягин Д. С. Моделирование процесса производства судебной почерковедческой экспертизы с использованием стохастических сетей Петри // Вестник Воронежского института МВД России. — 2020. — № 2. — С. 154—163.