



*Д.Ю. Крюкова<sup>1</sup>, А.А. Сукощицков<sup>2</sup>,  
А.Н. Швецов<sup>2</sup>, С.А. Яковлев<sup>3</sup>  
Вологодский институт права  
и экономики ФСИН России<sup>1</sup>,  
Вологодский государственный университет<sup>2</sup>,  
Санкт-Петербургский государственный  
электротехнический университет «ЛЭТИ»  
им. В.И. Ульянова (Ленина)<sup>3</sup>*

## МОДЕЛИ ПЕНИТЕНЦИАРНОЙ СОЦИАЛЬНОЙ РАБОТЫ НА БАЗЕ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ПЕТРИ

В статье представлены модели социальной работы с осужденными на базе нейронной сети Петри. Описан алгоритм построения модели. Разработано математическое описание моделей. Предложена методика прогнозирования на моделях нейронной сети Петри.

Социальная работа с осужденными, нейронная сеть Петри, модель.

Необходимость моделирования процессов социальной работы с осужденными возникает на этапе внедрения автоматизации в деятельность специалистов по социальной работе с осужденными, которые позволяют проверять различные ситуации и события на динамических моделях. Для осуществления моделирования социальной работы предлагается использовать нейронную сеть Петри (НСП) [1].

Применение НСП для моделирования социальных процессов в пенитенциарных учреждениях позволяет определить количественные и качественные параметры социальных процессов и события, которые влияют на них [2]. Анализ разработанных моделей НСП позволяет получить сведения о динамике социальной среды, ее параметрах и возникающих ситуациях.

Для применения нейронной сети Петри как средства моделирования [2] для определенных целей необходимо выполнить ряд подготовительных действий согласно следующему алгоритму:

1. Декомпонировать процесс (программный модуль и т.п.) на субъекты, объекты, вспомогательные, внешние и внутренние элементы.

2. Представить процесс в терминологии сети Петри.

3. Определить последовательность активизации переходов, необходимость применения нейронных позиций в сети, определить алгоритм обучения и функциональные зависимости активизации нейропозиций при необходимости.

4. Задать входные данные (условия), определить количество цветов в сети, задать атрибутивные характеристики меток.

5. Определить условно-событийную взаимосвязь между элементами процесса.

6. Определить необходимость ингибиторных дуг, контрольных условий.

7. Определить емкость предикатов и выделить матрицу инцидентности при необходимости.

8. Произвести непосредственное имитационное моделирование НСП.

9. Оценить результаты в графической и аналитической форме.

10. Определить корректировочные характеристики результатов, провести обучение сети либо повторное имитационное моделирование.

11. Сохранить созданную модель и полученные результаты в базе предыстории моделирования.

Пункты алгоритма 2, 3, 5, 6, 7 могут быть опущены при наличии в базе моделей готовой НСП для решения некоторой социальной проблемы или проверки работы программного модуля.

Алгоритм имитационного моделирования на НСП был автоматизирован и представлен в составе программной оболочки Neural Petri Network, которая является в свою очередь программным агентом моделирования в составе программной системы электронного документооборота (АРМ) [3].

Среди задач социальной работы с осужденными большое значение имеет решение значимых для осужденных проблем и помощь в адаптации к жизни на свободе.

Рассмотрим в качестве примера моделирование процесса решения жилищной проблемы осужденного. Для данного процесса будем использовать ингибиторные дуги и нейронные позиции для анализа принятых решений, а также определим функциональные зависимости при вычислении потенциала нейропозиций. В модели будут задействованы метки двух типов: метка «а» будет соответствовать положительным решениям проблем, метка «b» – отрицательным. На рисунке 1 представлена модель НСП для данного процесса.

Рассмотрим условия активизации для переходов, которые соединены с нейропозициями N1 и N2. Переход T5 после активизации имеет следующие значения: если имеется метка в позиции P6, то после срабатывания T5 метка переходит в N1, иначе метка переходит в позицию P8:

$$K_{P5} \geq 1, K_{P6} \geq 1;$$

$$(M_{P6}(b) > 0) \Rightarrow (true.a(t_s, N_1) = M(\{b\}, false.a(t_s, P_8)));$$

$$((M_{P6}(b) = 0) \vee (M_{P5}(a) > 0)) \Rightarrow (true.a(t_s, P_8) = M(\{a\}, false.a(t_s, N_1))).$$

**Расшифровка позиций:**

- P1 - жилищная проблема;
  - P2 - беседа специалиста по социальной работе с осужденным (далее ССРО);
  - P3 - наличие прописки;
  - P4 - наличие родственных связей;
  - P5 - наличие жилплощади;
  - P6 - не готовы принять;
  - P7 - лицо БОМЖ;
  - P8 - нуждается в материальной помощи;
  - P9 - самоуправление осужденных;
  - P10 - письмо в администрацию города;
  - P11 - наличие работы с общежитием;
  - P12 - положительное решение;
  - P13 - отрицательное решение;
  - P14 - регистрация в журнале обращений;
  - P15 - обращения по этой проблеме ранее;
  - P16 - обобщение результатов;
  - P17 - решение проблемы, запись в журнал.
- N1, N2 - анализ и принятие решений по результату.

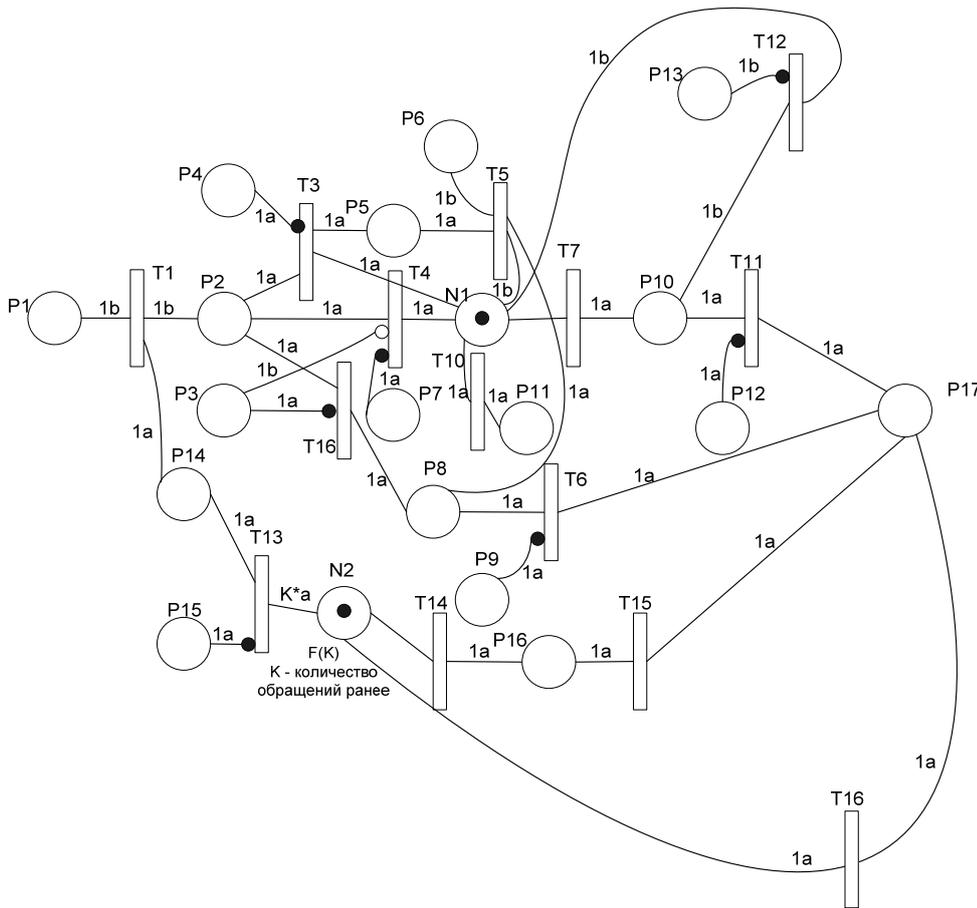


Рис. 1. Модель на базе НСП решения социальной проблемы по жилищному устройству осужденного

Нейропозиция  $N_1$  сумматором меток из входных позиций перехода  $P_2, P_4, P_6, P_{11}, P_{13}$ . Суммирование меток ограничим 5 событиями в модели.

$$g_{N_1}(q_i) = \sum_{i=0}^{i=5} \frac{5-i}{5} m(\{a\}, (q_i - i)) - \sum_{i=0}^{i=5} \frac{5-i}{5} m(\{b\}, (q_i - i));$$

$$F_6, F_7, F_8 = a(t_3, N_1) = M(\{1a\}, 0); a(t_4, N_1) = M(\{1a\}, 0); a(t_{10}, N_1) = M(\{1a\}, 0);$$

$$a(t_{12}, N_1) = M(\{1b\}, 0); a(t_5, N_1) = M(\{1b\}, 0);$$

$$g_{N_1}(q_i) \geq 3 \Rightarrow a(N_1, t_7) = M(\{N^*a, K*b\}, 0), N = m(a, q_i - 1); K = m(b, q_i - 1).$$

Формулы для активизации нейропозиции  $N_2$  будут подобны:

$$g_{N_2}(q_i) = \sum_{i=0}^{i=5} \frac{5-i}{5} m(\{a\}, (q_i - i));$$

$$F_6, F_7, F_8 = a(t_{13}, N_2) = M(\{K*a\}, 0); a(t_{16}, N_2) = M(\{1a\}, 0);$$

$$g_{N_2}(q_i) \geq (K+1)*a \Rightarrow a(N_2, t_{14}) = M(\{N^*a\}, 0), N = m(a, q_i - 1).$$

Модель нейронной сети Петри для процесса документооборота по оформлению пенсии осужденного, являющейся одновременно динамической моделью программного модуля пенсионного учета, представлена на рисунке 2.

Для перехода  $T_2$ , соответствующего событию наступления права осужденного на пенсию, имеет место контрольное условие активизации выходных дуг:

$$K_{p_2} \geq 1; K_{p_{13}} \geq 1;$$

$$(M_{p_2}(\{a\}) > 0) \vee (M_{p_{13}}(\{b\}) = 0) \Rightarrow (\text{true}: a(t_2, p_3) = M(\{1a\}, \text{false}: a(t_2, p_{11})));$$

$$(M_{p_2}(\{a\}) = 0) \vee (M_{p_{13}}(\{b\}) > 0) \Rightarrow (\text{true}: a(t_2, p_{11}) = M(\{1b\}, \text{false}: a(t_2, p_3))).$$

Количество блоков, подобных  $T_5$ - $P_5$ - $T_6$ , определяется количеством видов пенсионного и социального обеспечения, право на которые имеет осужденный, условно обозначенных на схеме буквой  $K$ . Переход  $T_7$

по своей сути является прямым регулятором, влияющим на положительное решение и начисление пенсии осужденному. Функциональная зависимость  $F(x)$ , являющаяся составляющей для вычисления кратности выходной дуги перехода  $T_7$ , фактически определяется формулой расчета размера пенсии (социального обеспечения) и может иметь любой вид (бухгалтерская отчетность).

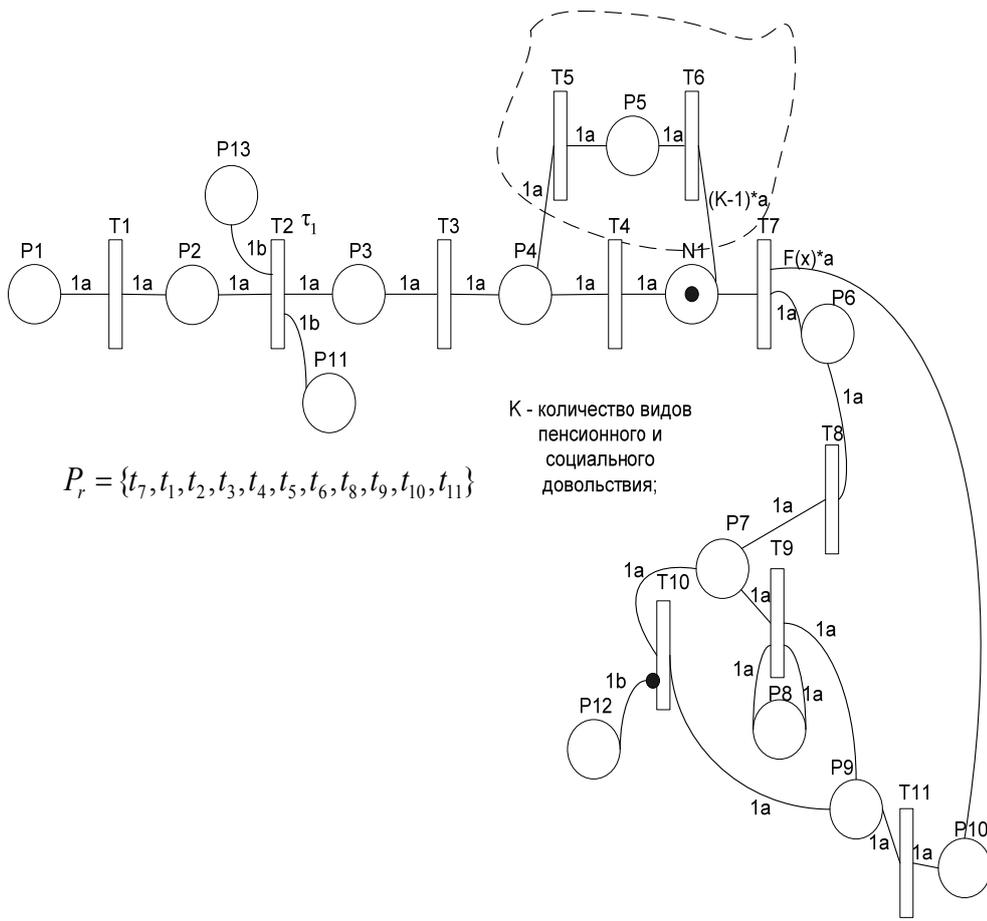
Количество видов пенсий также определяет маркировку нейропозиции  $N_1$  и задает функциональную зависимость для активизации перехода  $T_7$  (примем время жизни меток  $s=5$ ):

$$g_{N_1}(q_i) = (K*a) \sum_{i=0}^{i=5} \frac{5-i}{5} m(\{a\}, (q_i - i));$$

$$F_6, F_7, F_8 = a(t_4, N_1) = M(\{1a\}, 0); a(t_6, N_1) = M(\{(K-1)a\}, 0);$$

$$g_{N_1}(q_i) \geq \sum_{i=1}^{i=K} f(x_i) \Rightarrow a(N_1, t_7) = M(\{N^*a, K*b\}, 0), N = m(a, q_i - 1); K = m(b, q_i - 1).$$

Несмотря на обособленность пенитенциарной социальной работы по своему направлению и специфике, ее существование невозможно без тесной связи между группой по социальной работе с осужденными и другими отделами исправительного учреждения, руководством учреждения, внешними гражданскими и ведомственными организациями (например, взаимодействие с центром занятости населения по вопросам трудоустройства освобождающихся осужденных [4]). Данную взаимосвязь также возможно условно промоделировать с помощью НСП. Для приведенной ниже модели характерна многосубъектность (группа соц. защиты, начальник учреждения, иные организации и т.п.) и многообъектность возникающих отношений.



**Расшифровка позиций:**

- P1 - беседа специалиста по социальной работе с осужденным;
- P2 - право на пенсию, соц. пособие;
- P3 - направление документов (в пенсионный фонд и др. организации);
- P4 - определение количества и видов пенсии;
- P5 - другие виды пенсий/соц. пособий кроме основной;
- P6 - определение даты очередного переосвидетельствования;
- P7 - нуждается в лечении;
- P8 - назначение/прохождение лечения;
- P9 - запись в журнал учета пенсионеров;
- P10 - положительное решение проблемы;
- P11 - отрицательное решение проблемы;
- P12 - лечение не назначено.
- N1 - суммирование и определение количественного номинала всего пенсионно-социального обеспечения.

$$P_r = \{t_7, t_1, t_2, t_3, t_4, t_5, t_6, t_8, t_9, t_{10}, t_{11}\}$$

K - количество видов пенсионного и социального довольствия;

Рис. 2. Модель на базе НСП решения проблемы пенсионного обеспечения осужденного

Для данной модели актуально описать контрольные условия срабатывания T7-T12:

$$\tau_1 = (K_1 \geq 0,5); \tau_2 = (K_2 \geq 0,5); \tau_3 = (K_3 \geq 0,5);$$

$$\tau_4 = (K_1 < 0,5); \tau_5 = (K_2 < 0,5); \tau_6 = (K_3 < 0,5).$$

Накопительная функция нейропозиций N1, N2, N3 описывается следующими уравнениями:

а) для нейропозиции N1:

$$F_6, F_7, F_8 = \begin{cases} g_{N1}(q_i) = (K * a) \sum_{i=0}^{s-1} \frac{s-i}{s} m\{a, (q_i - i)\}; \\ A(t_1, \dots, t_{1+m}, N_1) = (f(a(t_1, N_1) = M(\{1a\}, 0)), (a(t_2, N_1) = M(\{1a\}, 0)), \dots, (a(t_{1+m}, N_1) = M(\{1a\}, 0))); \\ g_{N1}(q_i) \geq \sum_{i=1}^{i=K} P_i^{N1} \Rightarrow a(N_1, t_3) = M((K * a), 0), K - \text{количество методов } \{P_1, P_2, \dots, P_{1+m}\}; \end{cases}$$

б) для нейропозиции N2 и N3 правила активизации аналогичны.

НСП хорошо применяются для решения задач прогнозирования развития ситуаций. Для пенитенциарной социальной работы одной из важных задач является задача определения рекомендаций для условно-досрочного освобождения (далее УДО) осужденного. Для облегчения процесса определения достоин ли осужденный УДО, применяется прогностическая НСП, на основе решения которой возможно принятие решения в сторону предоставления специалистом по социальной работе (или другим заинтересованным) той или иной рекомендации.

Приведем краткую методику прогнозирования моделей НСП:

1. Подбор ряда параметров, являющимися исходными и влияющим на результаты прогноза.

2. Загрузка сетевой модели НСП для проведения программного прогнозирования.

3. Задание дополнительных условий.

4. Моделирование сети.

5. Анализ выходной маркировки позиций.

6. Выполнение обучения сети при необходимости. Повторное моделирование.

7. Построение выходного ряда параметров.

8. Анализ результатов системой поддержки принятия решений (выравнивание результатов за несколько последних периодов/этапов).

НСП удобно использовать в качестве инструмента определения степени исправления осужденных и, следовательно, применимости условно досрочного освобождения.

Результаты исправления осужденных определяются комиссией исправительного учреждения (в ее состав входит старший специалист по социальной работе с осужденными), которая присваивает осужденным соответствующие им степени исправления: не встал на путь исправления, становится на путь исправления, встал на путь исправления, твердо встал на путь исправления.

Каждый критерий оценивается с помощью 3-4 показателей. Исправление осужденного оценивается степенью соответствия показателя критерия некоторому уровню оценочной шкалы (для простоты можно разделить оценочную шкалу на положительную и отрицательную зоны). Согласно методическим рекоменда-

ям по использованию системы социальных лифтов степени исправления присваиваются осужденному при условии соответствия личности большинству из критериев оценки. Это означает, что, несмотря на неколичественную природу показателей исправления осужденного, итоговый результат зависит от большинства отмеченных экспертами уровней критериев в каждой группе. Таким образом, в случае определения степени исправления осужденного возможно применение только количественных методов (без учета качества критериев исправления в каждой группе).

Накопительная функция нейропозиций  $N_1$  описывается следующими уравнениями:

$$g_{N_1}(q_i) = \sum_{i=0}^{P_i/4} \left( \frac{P_i/4 - i}{P_i/4} \right) (f_i(b) \in f) * m(b, (q_i, -i));$$

$$F_6, F_7, F_8 = A((t_n \in T), N_1) = \{a(t_1, N_1) = M((f_1(b) \in f), 0), \dots, a(t_{k-3}, N_1) = M((f_k(b) \in f), 0)\};$$

$$g_{N_1}(q_i) \geq \sum_{i=1}^{P_i/4} (f_i(b) \in f) * b, \forall a(t_n \in T), N_1).$$

Вид функциональных зависимостей  $f$  может быть любой и регулируется либо в процессе обучения, либо пользователем. Для нейропозиций  $N_2, N_3, N_4$  система уравнений аналогична только с учетом влияния на суммарный потенциал позиции меток типа  $a$  [5]. Под событиями, определяющими смягчение/ужесточение наказания, понимаются следующие решения: в перспективе смягчения – удовлетворение прошения об условно-досрочном освобождении, замена неотбытой части наказания более мягким видом наказания, перевод на лучшие условия содержания и т.д.; в перспективе ужесточения – отказ в освобождении условно-досрочно, перевод на более строгие условия отбывания наказания, продление срока наказания, посадка в карцер и т.п.

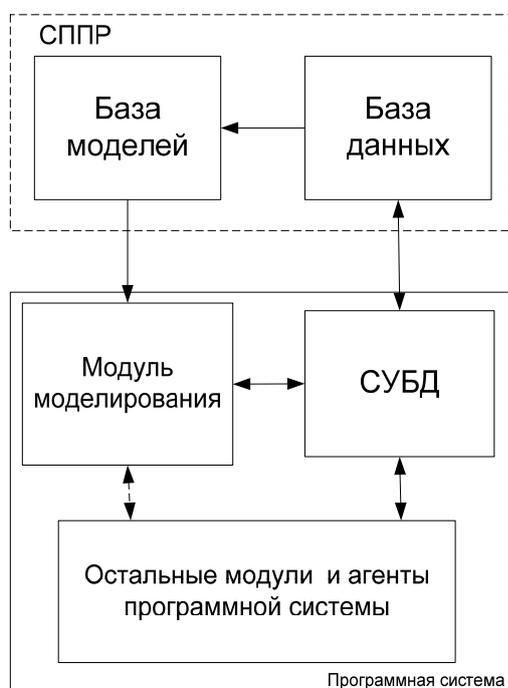


Рис. 3. Связь модуля моделирования с системой поддержки принятия решений

На основании результатов имитационного моделирования сети, представленной на рисунке 3, в специальной программе предлагается рекомендация решения по условно-досрочному освобождению осужденного, которая может быть использована при работе экспертной комиссии. При необходимости проводится обучение НСП по алгоритму обратного распространения ошибки.

Помимо моделирования социальных процессов и взаимосвязей на сетях НСП можно реализовать модель работы любого программного модуля, который впоследствии будет являться составной частью программной системы по автоматизации социальной работы с осужденными и ее оценке. Модуль моделирования является составной частью системы поддержки принятия решения, что позволяет быстро реагировать на изменение ситуаций [5, 6]. Расположение модуля моделирования в общей структуре системы поддержки принятия решений представлено на рисунке 3.

Разработанные модели социальной работы с осужденными позволяют автоматически учитывать различные ситуации, а также действия, совершенные осужденными, что дает возможность прогнозировать развитие событий.

## Литература

1. Суконщиков, А. А. Нечеткие и нейронные сети Петри / А. А. Суконщиков, Д. В. Кочкин, А. Н. Швецов ; под редакцией А. А. Суконщикова и А. Н. Швецова. – Курск, ЗАО Университетская книга. – 2019. – 209 с.
2. Суконщиков, А. А. Нейронные сети Петри для решения задачи поддержки качества обслуживания в сетевых устройствах / А. А. Суконщиков, Д. Ю. Крюкова // Системы управления и информационные технологии. – 2008. – №4 (34). – С.16–20.
3. Крюкова, Д. Ю. Разработка системы моделирования сложных систем на базе нейронных сетей Петри / Д. Ю. Крюкова, А. А. Суконщиков // Актуальные проблемы управления и экономики: история и современность Материалы научной конференции. Северо-Западная академия государственной службы. – Вологда : Легия. – 2006. – С. 144–148.
4. Цыганов, М. Е. Эффективные пути активизации осужденных воспитательных колоний в поиске работы и трудоустройстве / М. Е. Цыганов. – Москва : Фонд ИНДЕМ, 2006. – 81 с.
5. Распределенные интеллектуальные информационные системы и среды / А. Н. Швецов, А. А. Суконщиков, Д. В. Кочкин [и др.] ; под редакцией А. Н. Швецова и А. А. Суконщикова. – Курск, Университетская книга. – 2017. – 197 с.
6. Суконщиков, А. А. Обобщенная модель системы ситуационного интеллектуально-агентного моделирования / А. А. Суконщиков, С. А. Яковлев // Информационно-управляющие системы. – 2010. – № 2 (45). – С. 9–14.

D.Yu. Kryukova, A.A. Sukonschikov, A.N. Shvetsov, S.A. Yakovlev

#### MODELS OF PENITENTIARY SOCIAL WORK ON THE BASIS OF THE PETRI NEURAL NETWORK

The article presents models of social work with prisoners based on the Petri neural network. An algorithm for constructing a model is described. A mathematical description of the models is developed. A forecasting technique is proposed for models of the Petri neural network.

Social work with prisoners, Petri neural network, model.