

## Информационные технологии

УДК 519.876.2

*Петросов Давид Арегович*

*к.т.н., доцент, доцент департамента анализа данных и машинного обучения*

*Финансовый университет при Правительстве РФ*

*Москва, Российская Федерация*

### **Применение сетей Петри в задачах моделирования работы отделения банка**

### **Application of Petri nets in the problems of modeling the work of a bank branch**

**Аннотация:** в статье рассматривается возможность моделирования работы отделения банка с использованием теории сетей Петри. Предложена модель функционирования окна банка для обслуживания клиентов, а также общая модель отделения банка. В качестве модели рассматривается окно банка, как функционирующий или нефункционирующий узел общей системы массового обслуживания. Для корректного моделирования работы окна предложено использование специализированного типа дуг – ингибиторные, а также предложено использование позиции управления, которые обработки позволяют подключать окна при соответствующей потребности. Так же в предложенной модели используется подход, на основе веса дуги, для моделирования потерь клиентов из очереди. Вес дуги может быть задан на основе статистической обработки данных по работе конкретного отделения банка. Данный подход позволяет минимизировать потери клиентов, которые покидают очередь не дождаввшись обслуживания.

**Abstract:** The article discusses the possibility of modeling the work of a bank branch using the theory of Petri nets. A model for the operation of a bank window for customer service, as well as a general model for a bank branch, is proposed. As a model, the bank window is considered as a functioning or non-functioning node of the general queuing system. For the correct modeling of the window operation, it is proposed to use a specialized type of arcs - inhibitory ones, and it is also proposed to use control positions that allow processing windows to be connected if necessary. Also in the proposed model, an approach based on the weight of the arc is used to simulate the loss of clients from the queue. The weight of the arc can be set on the basis of statistical processing of data on the work of a particular bank branch. This

approach allows you to minimize the loss of customers who leave the queue without waiting for service.

**Ключевые слова:** моделирование, системы массового обслуживания, банковские системы, теория сетей Петри, оптимизация.

**Key words:** modeling, queuing systems, banking systems, Petri net theory, optimization.

В современном обществе, привыкшем к интенсивному течению жизни, потребитель не намерен тратить свое время на очереди, в которых порой приходится проводить большое количество времени. Соответственно потребитель старается выбрать для себя такой уровень обслуживания, при котором его обслуживание произойдет в короткий временной промежуток. Таким образом можно говорить о том, что теория систем массового обслуживания становится все более актуальным для организаций, которые стремятся получать максимальную прибыль от своей деятельности или стараются удовлетворить всех клиентов (это может касаться бюджетных организаций).

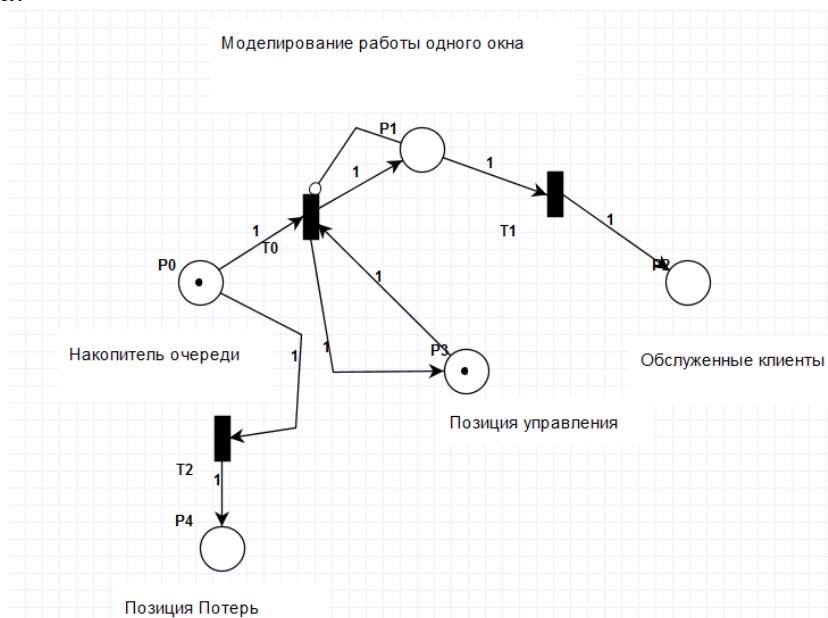
К такого рода организациям можно отнести работу отделения банка, целью которого можно поставить обслуживание максимального количества клиентов с минимизацией потерь, то есть клиентов, которые ушли из очереди ожидания ввиду большого срока ожидания обслуживания. При этом целесообразно минимизировать затраты отделения на заработную плату сотрудников и расходы по функционированию окон банковского отделения. С этой целью многие банки совершенствуют системы онлайн платежей, разрабатывают собственные мобильные приложения, максимизируют функционал банкоматов и т.д. Однако следует отметить, что существует ряд задач, которые не могут быть решены с применением перечисленных устройств и средств информатизации, а также следует отметить, что большинство клиентов банков пожилого возраста не обладают соответствующей компьютерной грамотностью, для реализации своих потребностей с использованием современных технологий обслуживания или боятся попасть в сети мошенников. Поэтому можно говорить о целесообразности разработки специализированных программных средств управления очередью в отделении банка, а также систем поддержки принятия решений, которые подскажут руководству банка о количестве работающих окон отделения при различной загруженности.

Для построения моделей систем массового обслуживания существуют различные математические средства, к которым можно отнести: дифференциальные уравнения, теория графов, методы линейного программирования, методы из области искусственного интеллекта и т.д. В последнее время широкое распространение получили модели на основе теории графов в целом и теория сетей Петри в частности. Это обусловлено широким распространением данного инструментального средства в задачах моделирования и управления в различных предметных областях начиная от

технологических [1-3] процессов и заканчивая построением моделей интеллектуального поиска решений [4, 5].

В данной статье рассмотрим возможность моделирования работы отделения банка сетью Петри.

На рисунке 1 показана разработанная модель функционирования окна отделения банка.



**Рис. 1. Модель работы окна отделения банка на основе сети Петри**

В предложенной модели выделены следующие позиции:

P0 – позиция, моделирующая накопитель очереди, количество меток в данной позиции соответствует количеству клиентов в отделении банка;

P1 – позиция, моделирующая наличие клиента в окне отделения;

P2 – для хранения количества обслуженных клиентов;

P3 – позиция управления, наличие метки в данной позиции говорит о включении окна в обслуживание клиентов;

P4 – позиция для хранения информации о потерях, т.н. клиентов, которые покинули очередь, не дождаввшись обслуживания.

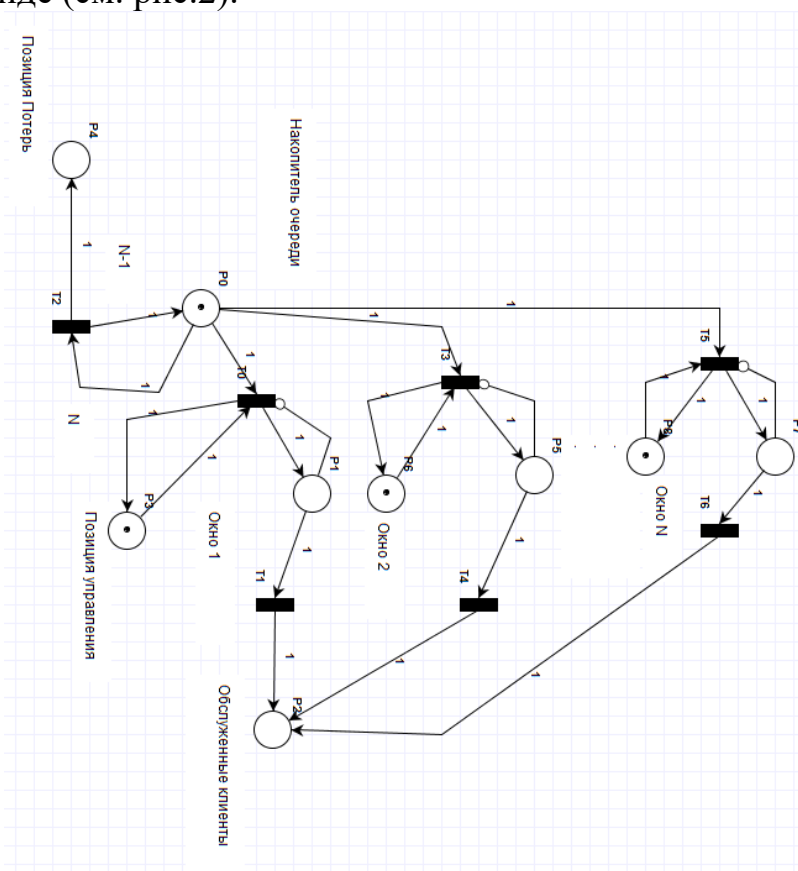
Переход T0 срабатывает (пропускает клиента на обслуживание к окну отделения банка) при условиях если:

- в позиции P0 есть хотя бы одна метка;
- в позиции P1 отсутствует метка (моделируется специальным типом дуг в теории сетей Петри – ингибиторные дуги), т.е. в настоящее время окно не обслуживается.

Переход T1 срабатывает после обслуживания клиента в окне отделения банка и перемещает метку в позицию обслуженных клиентов.

Переход T2 срабатывает при условии, заданном на основании веса дуги, соединяющем его с позицией P0, т.е. весом данной дуги можно задать статистическое значение количества клиентов в очереди, при котором возникают потери клиентов.

На основе предложенной модели построим модель работы отделения банка в общем виде (см. рис.2).



**Рис.2. Модель функционирования отделения банка на основе теории сетей Петри в общем виде.**

Предложенная модель позволяет моделировать работу отделения банка. Для подбора параметров функционирования при заданном условии количества посетителей требуется выполнить подбор начальной маркировки предложенной сети в отношении позиций управления. Данный подбор можно реализовать с использованием современных подходов, основанных на эволюционных процедурах, например с применением генетических алгоритмов [4].

Программная реализация предложенной модели может быть упрощена при использовании языка программирования Python совместно со специализированной библиотекой `pm4py`, которая разработана специально для работы с расширениями теории сетей Петри, что способствует упрощению процесса создания специальных программных средств поддержки принятия решений на основе выбранного инструментария.

#### **Библиографический список:**

1. Бажанов А.Г., Копылов А.С., Порхало В.А., Юдин Д.А., Кариков Е.Б., Рубанов В.Г., Магергут В.З. Интеллектуальные подходы к созданию

советующей системы управления вращающейся цементной печью обжига клинкера // Цемент и его применение. 2013. № 3. С. 77-80

2. Петросов Д.А., Петросова Н.В., Мирошниченко И.В. Разработка имитационной модели биогазовой установки в условиях биологического земледелия// Наука и бизнес: пути развития. 2019. № 2 (92). С. 31-38.

3. Петросов Д.А. Адаптация генетического алгоритма при моделировании вычислительной техники с изменяющейся структурой и набором компонентов на основе сетей Петри // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. 2009. № 6 (20). С. 151-160.

4. Ломазов В.А., Михайлова В.Л., Петросов Д.А., Ельчанинов Д.Б. Эволюционная процедура структурного и параметрического синтеза имитационных моделей систем документооборота // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика. 2013. № 22 (165). С. 204-209.

5. Брестер К.Ю., Становов В.В., Семенкина О.Э., Семенкин Е.С. О применении эволюционных алгоритмов при анализе больших данных// Искусственный интеллект и принятие решений. 2017. № 3. С. 82-93.