

## **СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ, УПРАВЛЕНИЕ И ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ**

УДК 004.9

### **ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ НА БАЗЕ СЕТЕЙ ПЕТРИ**

А.И. Баранчиков, Д.А. Борисов

*Рассмотрены особенности проектирования систем поддержки принятия решений на базе сетей Петри для обработки и анализа данных, поступающих от территориально удаленных бригад, полученных с использованием технологий OLAP. Представлены технологии, которые обеспечивают конфиденциальность передачи данных от исполнителей.*

*Ключевые слова: системы поддержки принятия решений, сеть Петри, Mondrian, OLAP-технологии, анализ данных, TLS, PostgreSQL.*

С развитием информационных и технических систем все больше предприятий используют оборудование такого высокого уровня сложности, что для технического обслуживания, диагностики и ремонта требуется специалист узкой направленности, однако он может не обнаружиться не только на заводе, но и в городе, а, возможно, и в области. Многие предприятия пользуются подачей заявок и вызовом бригад специалистов для восстановления системы. Поэтому существуют организации, предоставляющие такие услуги и отправляющие своих сотрудников в командировки по всей стране [1]. Производственная деятельность таких специалистов предприятия происходит вне территории организации. Таким образом, часть производственного процесса уходит из-под контроля, и руководство организации не может получать реальную информацию о текущем состоянии деятельности специалистов и производственный процесс не контролируется в реальном режиме времени. Информация вводится в базу данных после окончания выездных работ, которые могут проводиться продолжительное время [2].

Характерными признаками для работ, выполняемых специалистами, являются следующие:

- работа может состоять из нескольких этапов, количество которых может варьироваться в зависимости от обстоятельств;
- этапы работ на выезде регламентированы по времени и общая длительность работ в зависимости от количества этапов может быть разной;
- наряду с плановыми выездами (техническое обслуживание удаленного объекта) регулярно возникают аварийные ситуации, требующие выезда бригады в течение опять же регламентированного срока (аварийные ситуации);
- предприятие обладает ограниченными человеческими и техническими ресурсами, которые надо рационально распределять между производственными задачами;
- задачи могут обладать различным приоритетом (преимущество аварийных работ перед регламентными);
- невыполнение работ может привести к негативным последствиям для предприятия.

Для описания модели производственного процесса удобно использовать сети Петри. Сеть Петри – математический аппарат для моделирования динамических дискретных систем. Выбор вышеуказанного аппарата обусловлен «событийным» подходом к моделированию, а производственный процесс представляет собой последовательность некоторых событий. Также одним из важных достоинств сетей Петри является графическое представление модели в виде двудольного графа [3].

Маркированная сеть Петри есть совокупность структуры сети Петри ( $S = (P, T, I, O)$ ) и маркировки  $\mu$  и записывается в виде  $M = (P, T, I, O, \mu)$ .

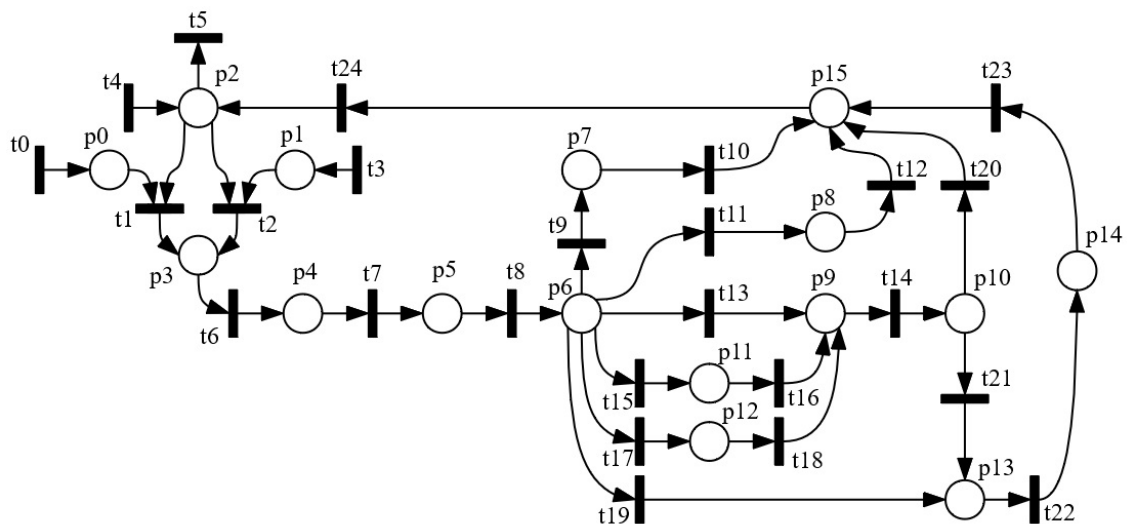
Эквивалентным понятием позиции является состояние, а для перехода – условие.

$P$  – множество позиций,  $T$  – множество переходов,  $I \rightarrow P^\infty$  – входная функция – отображение переходов в позиции,  $O \rightarrow P^\infty$  – выходная функция – отображение из переходов в позиции,  $\mu: P \rightarrow N$  – маркировка сети – функция, отображающая множество позиций  $P$  в множество целых неотрицательных чисел  $N$ . Маркировку  $\mu$  удобно представлять в виде вектора. Модель показана на рисунке.

$t_0$  – поступило задание на плановое обслуживание;  $t_1, t_2$  – задание присваивается исполнителю;  $t_3$  – поступила заявка на ремонт;  $t_4$  – добавлен специалист;  $t_5$  – удален специалист;  $t_6$  – исполнитель направился на МПР;  $t_7$  – исполнитель прибыл на МПР;  $t_8$  – исполнитель проводит дефектовку;  $t_9$  – выполнить ремонт невозможно;  $t_{10}, t_{12}, t_{20}, t_{23}$  – исполнитель возвращается домой;  $t_{11}$  – ремонт возможно провести только на заводе изготовителя;  $t_{13}$  – начались ремонтно-восстановительные работы;  $t_{14}$  – ремонтно-восстановительные работы завершились;  $t_{15}$  – необходимо привлечение соисполнителей;  $t_{16}$  – соисполнители прибыли;  $t_{17}$  – требуется заказ блоков

(деталей);  $t_{18}$  - прибыли необходимые блоки (детали);  $t_{19}$ ,  $t_{21}$  - исполнитель начал сервисное обслуживание;  $t_{22}$  - исполнитель закончил сервисное обслуживание;  $t_{24}$  - исполнитель вернулся.

$p_0$  - плановое задание без исполнителя;  $p_1$  - заявка на ремонт без исполнителя;  $p_2$  - свободный специалист;  $p_3$  - задание назначено исполнителю;  $p_4$  - исполнитель направляется на место проведения работ (МПР);  $p_5$  - исполнитель находится в МПР;  $p_6$  - исполнитель проводит дефектовку;  $p_7$  - ремонт невозможен;  $p_8$  - ремонт возможно провести только на заводе изготовителя;  $p_{09}$  - исполнитель проводит ремонтно-восстановительные работы;  $p_{10}$  - исполнитель закончил ремонтно-восстановительные работы;  $p_{11}$  - ожидается соисполнителя;  $p_{12}$  - ожидается прибытие требуемых блоков (деталей);  $p_{13}$  - исполнитель проводит сервисное обслуживание;  $p_{14}$  - исполнитель завершил выполнение требуемых работ;  $p_{15}$  - исполнитель возвращается.



**Модель производственного процесса**

Для сохранения информации о состоянии такой сети удобно использовать реляционные базы данных. Срабатывание переходов, а соответственно изменение состояний в системе будет представлять поток информации, сохраняемой в базе данных. Это позволит вносить и сохранять данные о состоянии сети на продолжительном интервале времени [3].

Чтобы обеспечить поступление информации, необходимо разработать систему удаленного доступа, так как специалисты, работающие на удаленных объектах, должны обеспечивать связь с предприятием для предоставления отчетности. Необходимость разработки подсистемы удаленного доступа обусловлена тем, что в настоящее время сотрудники ведут отчетность, используя мобильную связь или электронную почту. Данные методы не предоставляют высокий уровень защиты передаваемой информации, а также при их использовании отсутствует доступ к внутренней системе поддержки принятия решений.

Для обеспечения конфиденциальности передаваемой информации часто используются криптографические методы, позволяющие передавать конфиденциальную информацию в зашифрованном виде, что должно обеспечить защиту информации в случае ее перехвата. На практике используются различные криптографические протоколы, в основе которых лежат наборы правил, регламентирующих использование криптографических преобразований и алгоритмов в информационных процессах. Они удовлетворяют поставленной задаче, так как при передаче отправителем сообщения оно преобразуется в зашифрованную форму, а при получении зашифрованного сообщения получателем оно преобразуется в открытую форму. Задача определения оптимального криптографического протокола для передачи данных предприятия по незащищенному каналу связи посредством использования подсистемы удаленного доступа очень важна.

Для реализации поставленной задачи лучше всего подходят протоколы TLS и MTPProto, так как они обеспечивают достаточную защиту информации и хорошее быстродействие, работая по схожим принципам. Однако, протокол MTPProto менее удобен в использовании за счет введения дополнительных требований. Напротив, протокол TLS лежит в основе HTTPS, а доступ к системе планируется осуществлять через веб-интерфейс. Кроме того, существует множество библиотек для разных платформ, реализующих этот протокол, что облегчает разработку. Таким образом, для обеспечения конфиденциальности информации, передаваемой сотрудниками по незащищенным каналам связи будет использоваться протокол TLS [4].

Поток информации, поступающий от специалистов, сохраняется в базе данных. Благодаря накоплению агрегированных данных можно способствовать решению таких ключевых для руководителя задач, как:

- 1) отслеживание этапов проведения командировки специалистами;
- 2) разрешение нестандартных ситуаций для бригад рабочих в командировке;
- 3) определение и наблюдение за текущим коэффициентом загрузки специалистов;
- 4) определение критической загрузки специалистов;
- 5) на основе двух предыдущих пунктов отслеживание соблюдения недостижимости критического коэффициента текущим;
- 6) определение и отслеживание динамики изменения коэффициента загрузки специалистов для вынесения решения о планировании сокращения или найма нового сотрудника;
- 7) определение и наблюдение за графиком периодов наибольшей и наименьшей загрузки;
- 8) определение и наблюдение за динамикой изменений прибыли на протяжении различных периодов работы;

9) на основе предыдущего пункта определение и отслеживание оптимального распределения отпусков специалистов для достижения минимизации потери прибыли из-за отсутствия сотрудника;

10) составление отчетов, содержащий в себе сведения о заявке, ходе проведения работ, в то числе задействованных ресурсах, и результате;

11) для каких целей производится наибольшее число вызовов;

12) какой набор запасных деталей наиболее полезен бригаде специалистов для определенной цели;

13) при каких определениях цели запроса чаще всего ошибается заказчик и каким он чаще оказывается на самом деле;

14) города, приносящие наибольшую выгоду, в которых наиболее перспективно открытие филиала;

15) города, проезд до и из которых обходится наиболее затратно;

16) Какое наибольшее фактическое время доставки покупаемых деталей.

Происходит это благодаря агрегированию данных и представлению их в многомерном виде наподобие этой структуры для конкретной выполненной заявки. Оптимальному сведению к многомерной модели способствует использование Mondrian (сервер OLAP: аналитической обработки в реальном времени), так как у его открытый исходный код, написанный на кроссплатформенном языке Java. Существует подобная ему технология Palo, но она использует язык C++.

Основными используемыми системами управления базами данных на сегодняшний день являются Postgres, MySQL, MSSQL. Исходя из приведенной ниже таблицы, можно сделать вывод, что Postgres наилучший выбор.

**Таблица сравнения характеристик СУБД**

Характеристика	Postgres	MySQL	MSSQL
Быстродействие обработки данных	Высокое	Высокое	Высокое
Совместимость с другими системами/модулями	Да	Да	Да
Свободно распространяемое ПО	Да	Да	Нет
Кроссплатформенность	Да	Да	Нет
Рекомендация Минкомсвязи России	Да	Нет	Нет

Оптимальная инструментальная составляющая для подобных систем включает Mondrian, язык Java и СУБД Postgres.

Рассмотрим какие конкурентные аналитические возможности дает использование OLAP-технологий. Фактические это запросы, которые мы можем адресовать системе, а также анализ предоставляемой информации.

1. Сколько специалисты тратят времени на обслуживание объекта. Можно получить максимальное, среднее и минимальное, с поэтапной детализацией, в конечном итоге мы получим время необходимое для обслуживания объекта. Эта информация поможет оптимизировать количество сотрудников, ведь мы будем знать сколько в среднем человеко-часов освободится при прекращении обслуживания объектов или же если организация собирается заключать договор на обслуживание объекта, о котором уже имеются данные.

2. В рамках п.1, проводить оценку эффективности выполняемых работ для каждого специалиста. Эта информация может использоваться, например, для выплаты премий сотрудникам, работающие более эффективно.

3. Определение периодов загруженности специалистов (за год, квартал, месяц) позволит выявить наименее или наиболее загруженные периоды в производственной деятельности организации. Это позволит эффективнее составлять графики отпусков.

4. Как часто происходят аварийные ситуации на объекте и есть ли условия, при которых они происходят чаще. Анализ заключается в поиске значимых условий, которые влияют на частоту выхода из строя объекта. Среди таких условий может быть климатическая зона, а конкретно, влажность, температура окружающей среды, механические или иные воздействия и т.п.

5. Создание производственной карты для стратегического планирования. Иерархия такой карты может начинаться с федеральных округов и заканчиваться конкретным городским районом, если в этом есть необходимость. Информация для каждой ступени может быть самой разнообразной. Например, доходность, трудозатраты, частота аварийных ситуаций и т.д.

### **Список литературы**

1. А.И. Баранчиков, М.В. Халявина, Д.А. Пономарев Система поддержки принятия решений, как инструмент увеличения прибыли для организаций, занимающихся обслуживанием и ремонтом сложных технических систем // Интеллектуальные и информационные системы (Интеллект-2017): материалы Всероссийской научно-технической конференции. Тула: Изд-во ТулГУ, 2017. С. 125-128.

2. А.И. Баранчиков, Д.А. Борисов Методы и средства для обеспечения мониторинга удаленного производственного процесса // Интеллектуальные и информационные системы (Интеллект-2017): материалы Всероссийской научно-технической конференции. Тула: Изд-во ТулГУ, 2016. С. 128-130.

3. Баранчиков А.И., Борисов Д.А. Анализ и планирование ресурсов специалистов по ремонту и обслуживанию сложных технических изделий на базе сетей Петри // Интеллектуальные и информационные системы (Интеллект-2017): материалы Всероссийской научно-технической конференции. Тула: Изд-во ТулГУ, 2017. С. 100-103.

4. Баранчиков А.И., Пономарев Д.А., Халявина М.В. Применение криптографических методов в задаче передачи конфиденциальных данных // Интеллектуальные и информационные системы (Интеллект-2017): материалы Всероссийской научно-технической конференции. Тула: Изд-во ТулГУ, 2017. С. 156-159.

5. Галямина И.Г. Управление процессами. СПб.: Питер, 2013. 304 с.

6. Советов Б.Я., Цехановский В.В., Чертовской В.Д. Интеллектуальные системы и технологии. М.: Издательский центр «Академия», 2013. 320 с.

7. Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем / пер. с англ. М.: Мир, 1984. 264 с.

8. Коннолли Т., Бегг К. Базы данных. Проектирование, реализация и сопровождение. Теория и практика. 3-е изд. / пер. с англ. М.: Издательский Дом «Вильямс», 2017. 1440 с.

9. Репин В.В., Елиферов В.Г. Процессный подход к управлению. Моделирование бизнес-процессов. М.: Манн, Иванов и Фербер, 2013. 544 с.

*Баранчиков Алексей Иванович, д-р техн. наук, профессор, [alexib@inbox.ru](mailto:alexib@inbox.ru), Россия, Рязань, Рязанский государственный радиотехнический университет,*

*Борисов Дмитрий Александрович, магистрант, [62borisov@gmail.com](mailto:62borisov@gmail.com), Россия, Рязань, Рязанский государственный радиотехнический университет*

#### *FEATURES OF DESIGNING DECISION SUPPORT SYSTEMS BASED ON PETRI NETS*

*A.I. Baranchikov, D.A. Borisov*

*Features of the design of decision support systems based on Petri nets for processing and analyzing data from geographically remote teams using technologies of OLAP technologies are considered. Presented are technologies that ensure confidentiality of data transmission from performers.*

*Key words: Decision Support Systems, Petri net, Mondrian, OLAP technologies, data analysis, TLS, PostgreSQL.*

*Baranchikov Alexey Ivanovich, doctor of technical sciences, professor, [alexib@inbox.ru](mailto:alexib@inbox.ru), Russia, Ryazan, Ryazan State Radio-Engineering University,*

*Borisov Dmitry Aleksandrovich, magister, [62borisov@gmail.com](mailto:62borisov@gmail.com), Russia, Ryazan, Ryazan State Radio-Engineering University*