



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ» (ДГТУ)

Кафедра «Математика и информатика»

ТЕОРИЯ СИСТЕМ И СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ
Методические указания и контрольная работа
для обучающихся по направлению подготовки (специальности)
38.04.05 Бизнес-информатика
(заочная форма обучения)

Ростов-на-Дону

ДГТУ

2022

ТЕОРИЯ СИСТЕМ И СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ

Лабораторный практикум и контрольная работа

Эффективность системно-аналитического подхода особенно явно проявляется при построении и использовании информационных систем.

Рассматриваются три раздела с целью приобретения навыков системно-аналитической оценки реально выбранной информационной системы и системно-аналитической оценки информатизации деятельности организации:

- Анализ динамических характеристик информационной системы на основе ее функциональной модели.
- Оценка характеристик бизнес-процесса с применением аппарата сетей Петри.
- Интегральная оценка качества бизнес-процесса с применением метрик.

Контрольная работа содержит задания по каждому из трех разделов (всего три задания). Перед каждым заданием приведена цель работы, основные теоретические сведения, пример выполнения.

Необходимо каждому обучающемуся выбрать свою информационную систему, анализ характеристик которой предстоит выполнить в предлагаемой контрольной работе.

1. АНАЛИЗ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ ЕЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ МОДЕЛИ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Ознакомиться с методиками оценки динамических характеристик информационной системы (ИС) с применением сетей Петри. Предварительно создать функциональную модель ИС.

ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

1°. Основные определения. На базе созданной структурной схемы (функциональной модели) ИС можно построить модель для оценивания динамических характеристики ИС. Для этого чаще всего используется аппарат сетей Петри.

Сеть Петри $PN = (P, T, F)$ определяется как двудольный граф, т.е. все вершины графа относятся к одному из двух классов – позициям P (изображаются окружностями) и переходам T (изображаются отрезками прямой). Дуги в сетях Петри – направленные, причем каждая дуга связывает вершины только разных классов. В позициях могут размещаться метки F (изображаются черными кружками), способные перемещаться по сети. Событием называют

срабатывание перехода, при котором метки из входных позиций этого перехода перемещаются в выходные позиции (рис. 1).

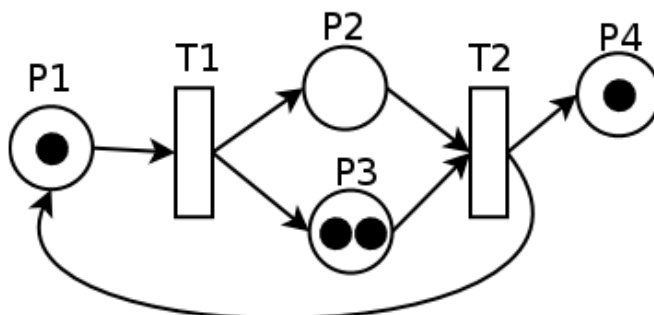


Рис. 1. Пример сети Петри

Для моделирования потоков работ (активностей в бизнес-процессах) или потоков операций в технологических процессах целесообразно использовать WF-сети – подкласс сетей Петри, называемый также сетями потоков работ. Сеть Петри $PN = (P, T, F)$ называется сетью потоков работ (WF-сетью), если выполняются следующие условия:

- существует только одна исходная позиция i , такая что отсутствуют переходы, входящие в i ;
- существует только одна конечная позиция o , такая, что отсутствуют переходы, выходящие из o ;
- каждый узел данной сети расположен на пути от i к o .

2°. Представление функциональной модели ИС в виде WF-сети.

Вершинами графа описываются операции, которые осуществляет ИС. Дугами описываются переходы между операциями, сопровождающиеся передачей данных от предыдущего этапа. Под передаваемыми данными могут пониматься как собственно данные для обработки на следующем этапе, так и как параметры управления следующим этапом (рис. 2).

Граф строится двудольный, т.е. выделяются вершины двух типов:

1. Операция, реализующая осуществленное на одном из предыдущих этапов управление (реализация управления). Обозначены прямоугольниками. Такая операция может иметь не более двух выходов – выход в случае успешного и выход в случае неуспешного выполнения операции. Для упрощения модели допускается обозначать для таких операций только выход в случае успешного выполнения операции, если результатом неуспешного выполнения является завершение соответствующего процесса и переход к точке выхода.

2. Операция, определяющая дальнейший путь процесса (осуществление управления). Обозначены овалами. Такая операция должна иметь не менее двух выходов, приводящих к двум разным вершинам.

Граф имеет одну вершину, имеющую только выходящие дуги и не имеющую входящих дуг. Такую вершину будем называть точкой входа. Она обозначает начало работы с информационной системой. Аналогично существует одна вершина, которая имеет только входящие дуги и не имеет выходящих. Такую вершину будем называть точкой выхода. Она обозначает окончание работы с информационной системой.

3°. Проверка двудольности графа

Чтобы проверить граф на предмет двудольности, достаточно в каждой компоненте связности выбрать любую вершину и помечать оставшиеся вершины во время обхода графа (например, поиском в ширину или в глубину) поочерёдно как чётные и нечётные (см. рис. 3). Если при этом не возникнет конфликта, все чётные вершины образуют множество вершин одного типа (например, позиций), а все нечётные — множество вершин другого типа (переходов) соответственно.

4°. Анализ свойств ИС с применением WF-сети

4.1°. WF-сети используются для проверки графов потоков работ на отсутствие структурных конфликтов (бездефектность). Свойство бездефектности, или правильной завершаемости, соответствует следующим требованиям:

- конечная позиция i достижима при любой последовательности переходов от начальной позиции i ;
- WF-сеть не содержит лишних позиций (которые никогда не будут выполнены);
- при достижении конечной позиции i данной сети не должно оставаться меток в промежуточных позициях.

4.2°. WF-сети также используются для выявления ошибок абстрактного сценария ИС. Применительно к сценарию проверяются три свойства сети:

- сеть должна быть ограниченной. Позиция сети Петри ограничена (k -ограничена), если существует такое целое число k , что число объектов в этой позиции никогда не превышает k . Число k называют емкостью позиции. Сеть Петри ограничена, если ограничены все ее позиции;
- при работе сети не должны появляться неконечные тупиковые состояния, в которых не активирован ни один переход;
- при работе сети не должно возникать "ловушек" – циклов без выхода (объект может попасть в "ловушку", циклически циркулировать в ней, но не может выйти из "ловушки").

Сценарий бизнес-системы будем считать корректным, если:

- корректны все образующие его сценарные модули
- модули корректно согласованы.

ЗАДАНИЕ 1 контрольной работы

1. Рассмотреть функциональную модель ИС как граф, построить на его основе WF-сеть в соответствии с требованиями пункта 2, руководствуясь следующими рекомендациями:

- а. Заменить название каждого компонента системы, являющегося вершиной исходного графа, на название операции, которую выполняет этот компонент. При невозможности выделить одну операцию, рекомендуется разбить такой компонент на несколько, установив связи между ними.

б. Осуществить проверку двудольности получившегося графа, получив разделение на два типа вершин, указанных в пункте 2. При нарушении двудольности внести соответствующие изменения в схему.

с. Осуществить проверку на наличие и единственность входной и выходной вершин. При нарушении этого требования внести соответствующие изменения в схему.

2. Составить таблицы, характеризующую вершины обоих типов.

3. Выполнить анализ свойств ИС с применением WF-сети (п.п. 4.1° и 4.2°). Для выполнения п. 4.2° составить один типичный сценарий использования ИС. Дать содержательную интерпретацию полученных результатов.

Пример выполнения задания 1.

WF-сеть представлена на рис. 4 в полном виде и на рис. 5 – в упрощенных обозначениях.

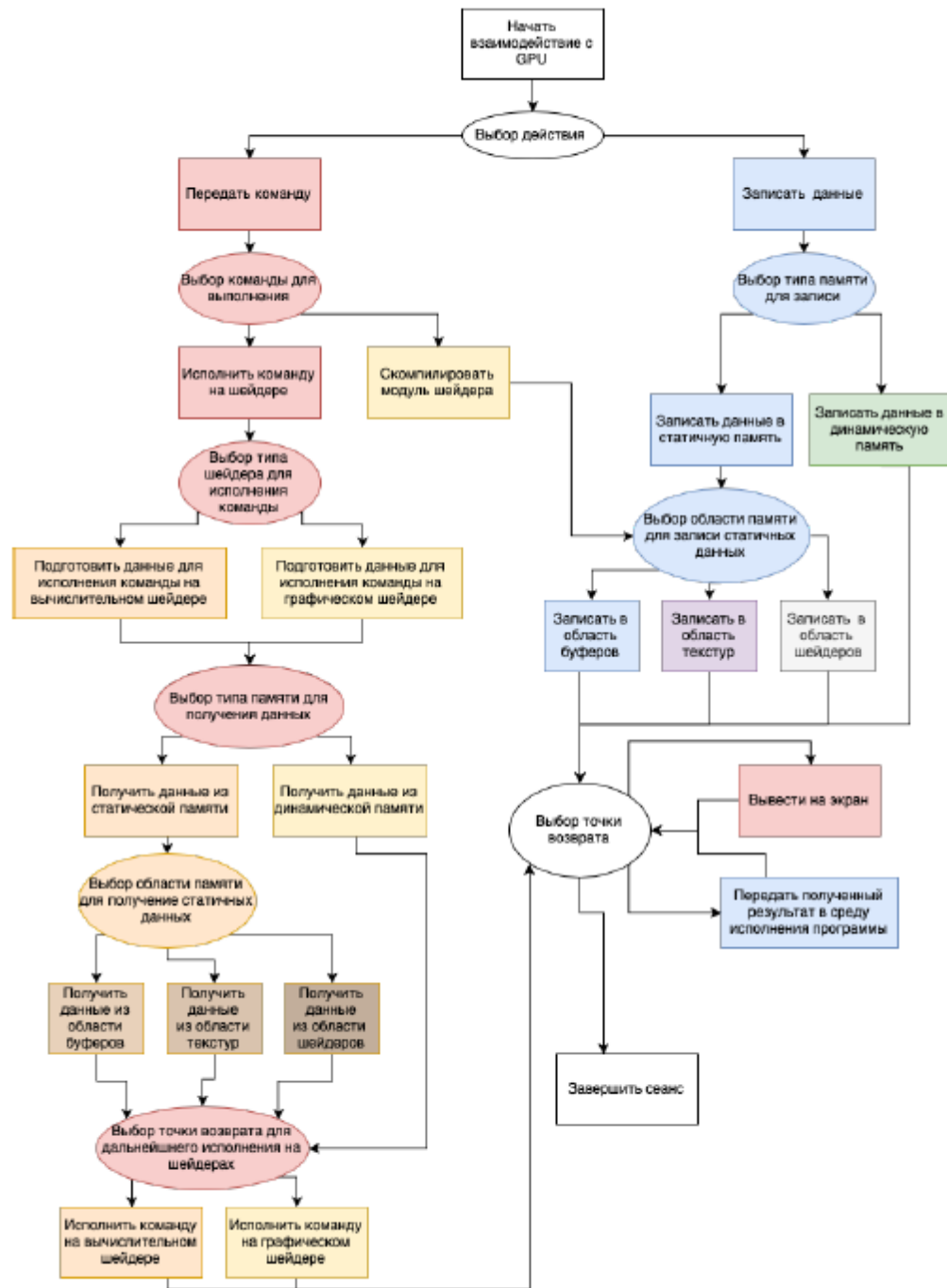


Рис. 4. WF-сеть (полный вариант)

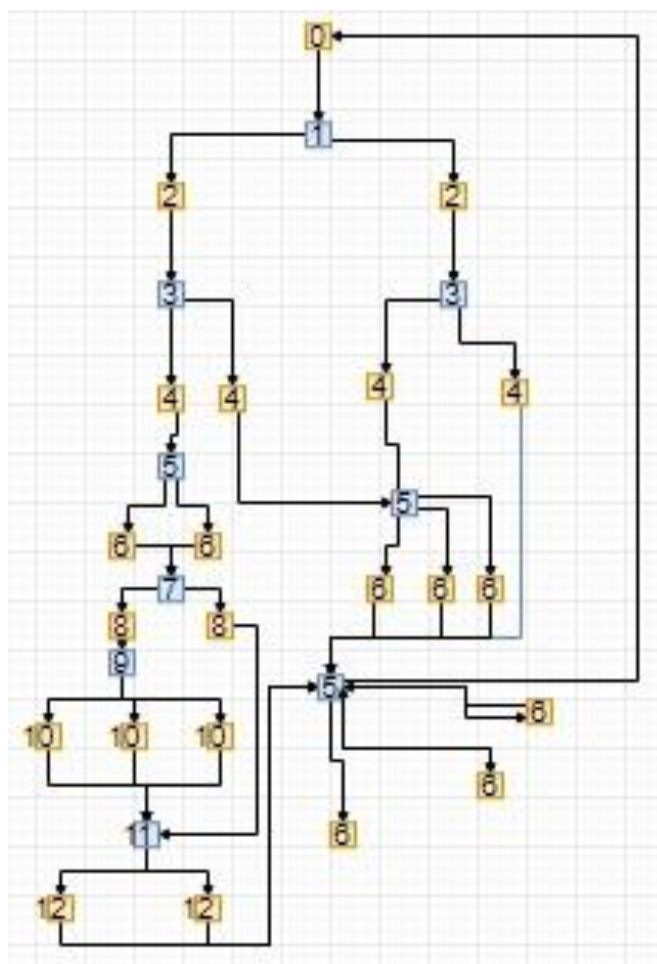


Рис. 5. WF-сеть (упрощенные обозначения)

Таблица 1. Вершины первого типа

№	Название операции	Характеристика результата успешного выполнения	Характеристика результата неуспешного выполнения (завершения процесса и перехода к точке выхода)
1	Начать взаимодействие с GPU	Вернуть ID устройства, с которым необходимо взаимодействовать	GPU отсутствует
2	Передать команду	Сообщение о передаче новой команды	Не предполагается
3	Записать данные	Сообщение о начале записи новых данных	Не предполагается
4	Исполнить команду на шейдере	Сообщение о начале исполнения команды на шейдере	Не предполагается
5	Скомпилировать модуль шейдера	Сообщение об успешной компиляции шейдерного модуля	Компиляция шейдерного модуля прошла с ошибкой,

			возвращается код ошибки
6	Записать данные в статичную память	Сообщение о начале записи в статичную память	Не предполагается
7	Записать данные в динамическую память	Сообщение о начале записи в динамическую память	Не предполагается
8	Подготовить данные для исполнения команды на вычислительном шейдере	Получение списка необходимых данных	Сообщение о невалидности запрашиваемых данных
9	Подготовить данные для исполнения команды на графическом шейдере	Получение списка необходимых данных	Сообщение о невалидности запрашиваемых данных
10	Записать в область буферов	Вернуть ссылку на участок памяти	Сообщение о нехватке памяти
11	Записать в область текстур	Вернуть ссылку на участок памяти	Сообщение о нехватке памяти
12	Записать в область шейдеров	Вернуть ссылку на участок памяти	Сообщение о нехватке памяти
13	Получить данные из статической памяти	Получить ссылку на участок памяти	Запрашиваемые данные не найдены
14	Получить данные из динамической памяти	Получить ссылку на участок памяти	Запрашиваемые данные не найдены
15	Получить данные из области буферов	Получить ссылку на участок памяти	Запрашиваемые данные не найдены
16	Получить данные из области текстур	Получить ссылку на участок памяти	Запрашиваемые данные не найдены
17	Получить данные из области шейдеров	Получить ссылку на участок памяти	Запрашиваемые данные не найдены
18	Исполнить команду на вычислительном шейдере	Сообщение об исполнении команды на вычислительном шейдере	Сообщение об ошибке во время исполнения
19	Исполнить команду на графическом шейдере	Сообщение об исполнении команды на графическом шейдере	Сообщение об ошибке во время исполнения
20	Вывести на экран	ссылка на буфер кадра	не предполагается
21	Передать полученный результат в среду исполнения программы	ссылка на буфер данных	не предполагается
22	Завершить сеанс	сигнал о завершении	не предполагается

Таблица 2. Вершины второго типа

№	Название операции	Параметры управления	Результаты принятия решения (условия переходов к другим операциям)
1	Выбор действия	результат выбора действия, согласно команде GPU.	переход к записи данных или передаче команды для выполнения
2	Выбор команды для выполнения	результат выбора действия, согласно команде GPU.	переход к исполнению и компиляции шейдера
3	Выбор типа памяти для записи	результат выбора действия, согласно команде GPU.	переход к записи данных в статическую или динамическую память
4	Выбор типа шейдера для исполнения команды	результат выбора действия, согласно команде GPU.	переход к подготовке исполнения вычислительного или графического шейдера
5	Выбор области памяти для записи статичных данных	результат выбора действия, согласно команде GPU.	переход к записи данных в область буферов, или текстур, или шейдеров
6	Выбор типа памяти для получения данных	результат выбора действия, согласно команде GPU.	переход к получению данных из статической или динамической памяти
7	Выбор области памяти для получение статичных данных	результат выбора действия, согласно команде GPU.	переход к получению данных из области буферов, или текстур, или шейдеров
8	Выбор точки возврата для дальнейшего исполнения на шейдерах	результат выбора действия, согласно команде GPU.	переход к исполнению вычислительного или графического шейдера, или возврат к получению данных из статической или динамической памяти
9	Выбор точки возврата	результат выбора действия, согласно команде GPU.	переход к выводу на экран или передаче результата в среду исполнения команд или к завершению сеанса

Анализ свойств ИС с применением WF-сети по п. 4.1°

Проанализировав WF-сеть, можно убедиться, что свойство бездефектности, или правильной завершаемости, соответствует следующим требованиям:

- конечная позиция i достижима при любой последовательности переходов от начальной позиции i ;

- WF-сеть не содержит лишних позиций (которые никогда не будут выполнены);
- при достижении конечной позиции i данной сети не должно оставаться меток в промежуточных позициях.

Анализ свойств ИС с применением WF-сети по п. 4.2°

WF-сети также используются для выявления ошибок абстрактного сценария ИС. Был составлен следующий пользовательский сценарий.

Пользователь хочет произвести вычисления на видеокарту (будем считать, что необходимый шейдер для этого уже загружен и скомпилирован). Для этого необходимо:

1. Загрузить данные в динамическую область памяти;
2. Послать команду для начала вычисления на вычислительном шейдере (при этом не стоит забывать, что необходимо получить необходимый шейдер и необходимые данные из области динамической памяти);
3. Получить данные обратно в окружение приложения.

Важно! Реализация всех необходимых шагов должна быть прослежена в анимационном режиме WF-сети. Соответствующий проигрыватель нужно самостоятельно найти в сети Интернет.

На основе построенного сценария были проверены три свойства сети:

- сеть должна быть ограниченной. Позиция сети Петри ограничена (k -ограничена), если существует такое целое число k , что число объектов в этой позиции никогда не превышает k . Число k называют емкостью позиции. Сеть Петри ограничена, если ограничены все ее позиции;
- при работе сети не должны появляться неконечные тупиковые состояния, в которых не активирован ни один переход;
- при работе сети не должно возникать "ловушек" – циклов без выхода (объект может попасть в "ловушку", циклически циркулировать в ней, но не может выйти из "ловушки").

Так все свойства для построенного сценария выполнились, то можно утверждать, что рассматриваемая ИС корректна.

Контрольные вопросы

1. В чем состоят различия между сетью Петри и WF-сетью?
2. Как проверить граф на предмет двудольности?
3. В чем состоит свойство бездефектности сети Петри?

4. В чем состоит свойство ограниченности сети Петри?
5. Почему в правильно работающей сети Петри не должно быть неконечных тупиковых состояний?
6. Почему при работе сети не должно возникать "ловушек"?

2. ОЦЕНКА ХАРАКТЕРИСТИК БИЗНЕС-ПРОЦЕССА С ПРИМЕНЕНИЕМ АППАРАТА СЕТЕЙ ПЕТРИ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Ознакомиться с возможностями оценки характеристик бизнес-процесса (и поддерживающего его документооборота), предоставляемыми аппаратом сетей Петри.

ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

1°. При использовании аппарата сетей Петри моделируемые процессы описываются множеством событий (действий) и условий, определяющих возможность наступления этих событий, а также причинно-следственными отношениями, устанавливаемыми на множестве пар "события-условия". В сетях Петри условия — это позиции, а события — переходы. Как правило, позиции отражают выделяемые состояния процесса или его компонентов. Наличие метки в одной из позиций соответствует состоянию выполнения некоторой из технологических операций либо состояние, в котором пребывают некоторые из компонентов процесса.

Переходы соответствуют событиям, отображающим начало или завершение текущего состояния (например, завершение операции транспортирования заготовки к станку и начало операции ее обработки).

Присвоение меток позициям сети Петри называют маркировкой сети. Динамика сетей Петри связана с механизмом изменения маркировок позиций и соглашениями о правилах срабатывания переходов. Переход срабатывает, если в каждой его входной позиции (предусловии) число меток не меньше числа дуг, исходящих из позиции в данный переход (рис. 6, а). Такие переходы называют возбужденными, их срабатывание может наступить через любой конечный промежуток времени после возбуждения. В результате срабатывания из всех входных позиций перехода исключается число меток, равное числу дуг, выходящих из соответствующей позиции в переход, а в выходные позиции данного перехода добавляется число меток, равное числу дуг, исходящих из перехода в соответствующую выходную позицию (рис. 6, б).

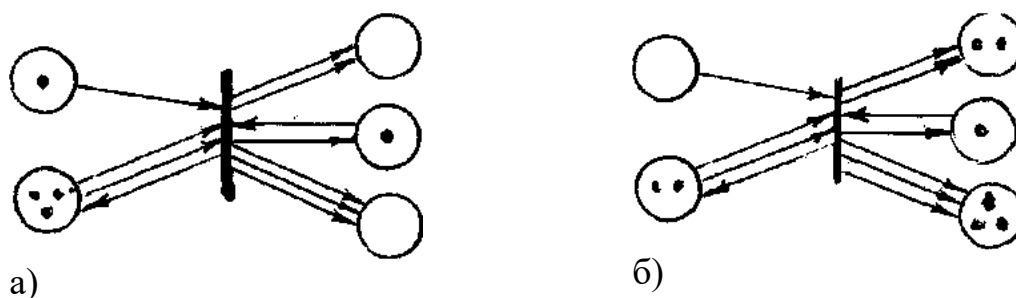


Рис. 6. а – возбужденный переход, б – переход после срабатывания

2°. При моделировании производственных процессов позиции отражают отдельные операции (например: транспортировка заготовки к конвейеру, обработка детали на станке, заполнение поля документа) или состояния отдельных компонентов (например, робота, конвейера, станка) процесса. Переходы соответствуют событиям, отображающим начало или завершение моделируемых операций (например, завершение транспортирования заготовки роботом и ее установки на конвейере, подтверждение правильности заполнения документа). Метка, как правило, связывается с сущностью, обрабатываемой в ходе процесса (например, обрабатываемой деталью, сопроводительным документом).

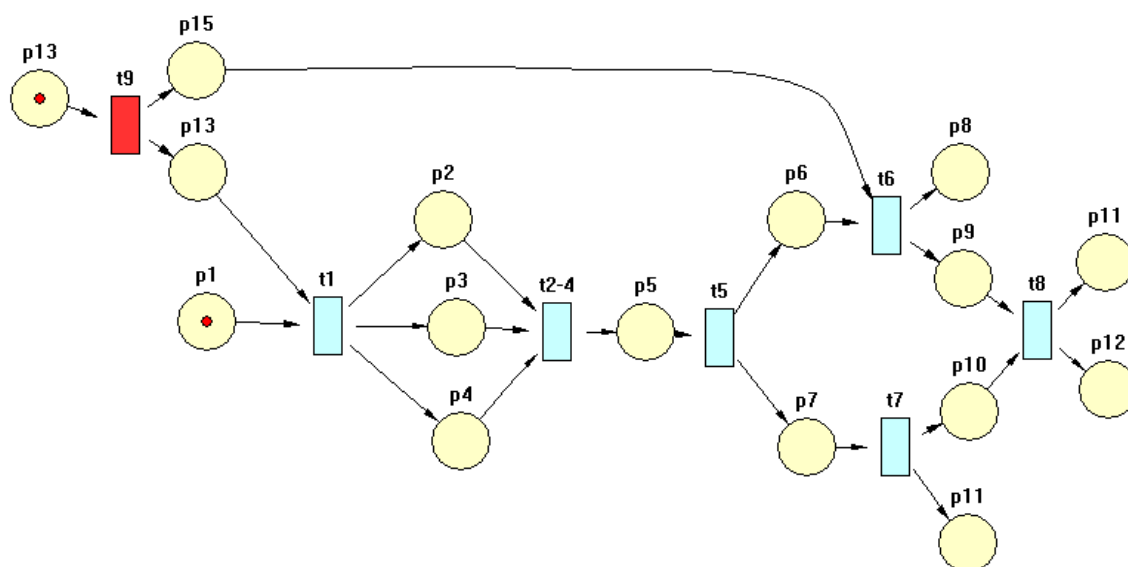


Рис. 7. Представление процесса подготовки рукописи в печать в виде сети Петри

В качестве примера на рис. 7 показана сеть Петри, моделирующая один из процессов, реализуемых в типичном университетском издательстве – процесс подготовки рукописи в печать. Соотношение компонентов процесса и сети Петри представлено в табл. 3.

Таблица 3. Соотношение компонентов процесса и сети Петри

Компонент сети Петри	Компонент процесса
p1	подготовка и комплектование рукописи
t1	входной контроль пройден
p2, p3, p4	обработка компонентов рукописи (графика, текст, таблицы и формулы)
t2-4	контроль компонентов рукописи пройден (художественный редактор, литературный редактор, технический редактор)
p5	верстка оригинал-макета
t5	подписание оригинал-макета (ответственный редактор)
p6	согласование с учебным отделом
t6	контроль учебного отдела пройден
p7	подготовка электронной копии оригинал-макета
t7	электронная копия оригинал-макета сдана в информационный отдел
p8	формирование отчета о выполнении плана изданий
p9, 10	визирование подписного листа
p11	публикация на портале организации
t8	подписание оригинал-макета в печать ответственным лицом
p11	передача оригинал-макета в типографию
p12	передача подписного листа в издательство

3°. Базовая конфигурация сети Петри позволяет описать:

- возможности параллелизма и синхронизации процессов;
- взаимодействие процессов и ресурсов, представленных метками;
- независимые действия, представленные переходами;

Для учета временных характеристик можно использовать временные сети Петри, в которых каждому переходу t_i сопоставляется время срабатывания τ_i . На множестве переходов в сети Петри может также задаваться отношение порядка, определяющее порядок потребления меток возбужденными переходами в условиях конфликта за метку.

4°. Формальный подход к анализу сетей Петри основан на использовании графа достижимых маркировок (диаграммы состояний сети). Статические свойства системы определяет графовая часть сети Петри, а динамические – начальное маркирование и правила возбуждения переходов. Маркирование M называют достижимым из маркирования M_0 , если существует последовательность срабатывающих переходов $\sigma = t_1, \dots, t_n$, переводящая сеть из состояния M_0 в M . Отношение следования маркирований, возбуждаемых

действием последовательности σ , имеет вид $M_0 \xrightarrow{t_1} M_1 \xrightarrow{t_2} \dots \xrightarrow{t_{(n-1)}} M_n$. Графическое представление всех состояний сети Петри, достижимых из конкретной разметки, называется деревом достижимости. Дерево достижимости для сети Петри с маркировкой, показанной на рис. 7, представлено на рис. 8.

Анализ сетей Петри заключается в изучении их основных свойств, определения которых даны в задании 1: безопасность, ограниченность, сохранение, активность, достижимость, покрываемость.

Вопрос ограниченности сети Петри решается перебором и проверкой конечного множества всех достижимых маркировок. Безопасность сети Петри является частным случаем ограниченности.

Свойство сохранения проверяется по дереву достижимости вычислением для каждой маркировки суммы меток. Если метки взвешены, то вычисляется взвешенная сумма. Если сумма одинакова для каждой достижимой маркировки, то сеть является сохраняющей.

$M(p_2, p_1, p_3, p_4, p_5, p_6, p_7, p_8, p_9, p_{10}, p_{11}, p_{11}, p_{12}, p_{13}, p_{13}, p_{15})$

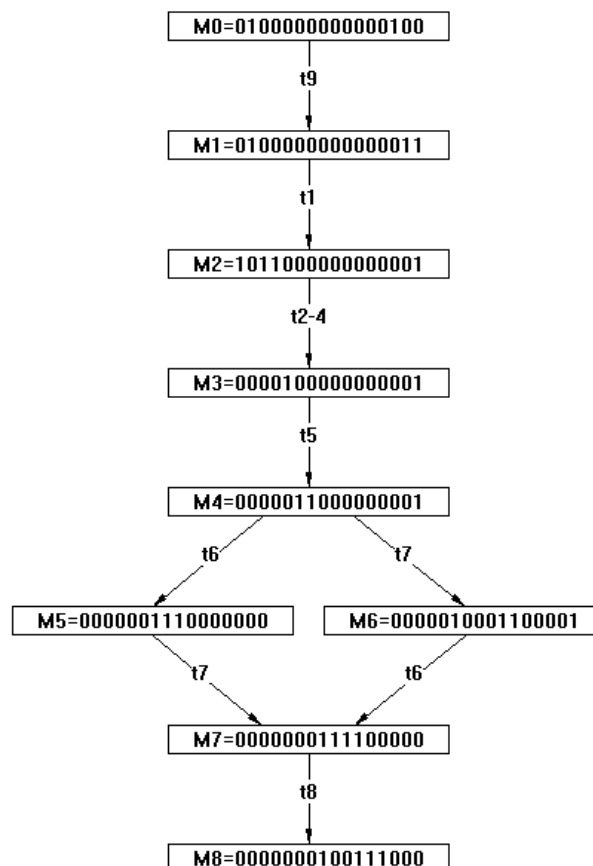


Рис. 8. Дерево достижимости для сети рис. 7.

Задача покрываемости маркировки M маркировкой M' сводится к поиску на дереве такой вершины x , состояние которой покрывает состояние M . Если

такой вершины $M(x)$ не существует, маркировка M не покрывается никакой достижимой маркировкой.

Сеть, дерево достижимости которой содержит терминальную вершину, не активна. Аналогично искомая маркировка M' в задаче достижимости может встретиться в дереве достижимости, что означает ее достижимость. Кроме того, если маркировка не покрывается некоторой вершиной дерева достижимости, то она недостижима.

5°. Важной характеристикой является время перевода сети из состояния M_0 в M , если с каждым переходом связано время τ_i . Для этого на дереве достижимости нужно отыскать соответствующий путь с вектором запусков счёта срабатывания $S=\{s_i\}$, переводящих сеть из состояния M_0 в состояние M . Тогда время перевода сети из состояния M_0 в состояние M определится

$$T = \sum_{j=1}^m \tau_j s_j$$

суммой, где s_j – компонента вектора S для перехода t_j (число срабатываний перехода t_j). При использовании этой формулы нужно учитывать возможный параллелизм в срабатывании переходов.

ЗАДАНИЕ 2

контрольной работы

1. Для сценариев обработки объектов управления ЕСМ построить таблицы соответствия (см. табл. 3) и реализовать сети Петри (см. п. 1, 2°). Для построения сетей самостоятельно найти в Интернете программу, позволяющую не только графически построить сеть Петри, но и запустить ее на исполнение.
2. Запустить построенные сети Петри на исполнение, проверить их адекватность моделируемым сценариям. Запись видео запуска приложить к отчету по ЛР.
3. Для построенных сетей Петри построить деревья достижимости. Произвести их анализ (см. п. 4°), дать его содержательную интерпретацию в терминах моделируемого бизнес-процесса.
4. Провести экспертную оценку времен исполнения отдельных операций анализируемого процесса (см. п. 3°), рассчитать характерные времени исполнения всего процесса (см. п. 5°).
5. Выполнить пп. 1–4 для рассмотренных в лабораторной работе №1 сценариев обработки исключений. Произвести качественное и количественное сравнение показателей по пп. 3, 4.

Пример выполнения задания 2.

В работе рассматриваются два сценария.

Сценарий 1 – бронирование актового зала/студии звукозаписи для проведения мероприятия – представлен на рис. 9. Сеть Петри для этого сценария представлена на рис. 10, таблица соответствия для нее показана в табл. 4.

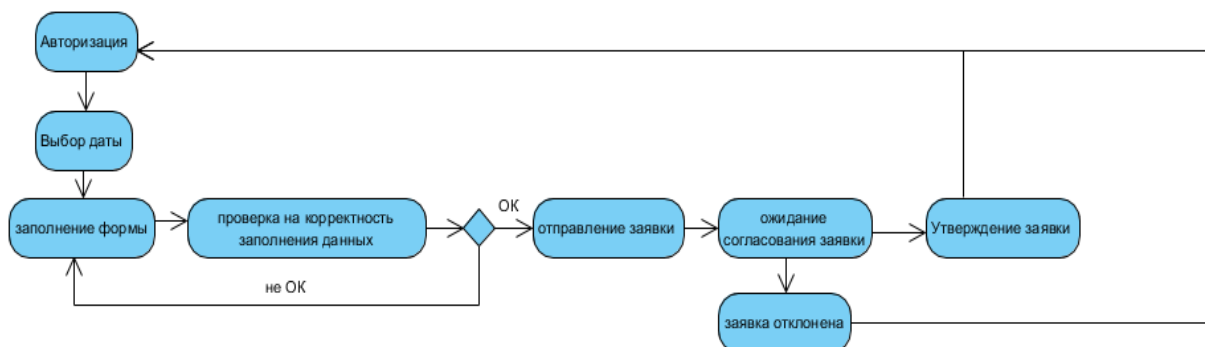


Рис. 9. Сценарий обработки бронирования аудитории

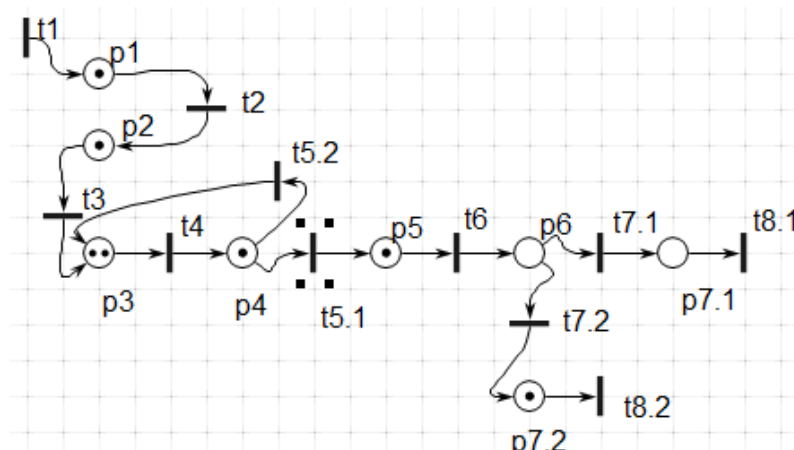


Рис. 10. Сеть Петри для бронирования аудитории

Таблица 4. Таблица соответствия для бронирования аудитории

Компонент сети Петри	Компонент процесса
t1	
p1	авторизация
t2	авторизация выполнена
p2	выбор даты
t3	дата выбрана
p3	заполнение формы
t4	форма заполнена
p4	проверка на корректность заполнения данных
t5.1	данные корректны
t5.2	данные некорректны
p5	отправление заявки

t6	заявка успешно отправлена
p6	ожидание подтверждения
t7.1	подтверждение получено
t7.2	заявка отклонена
p7.1	утверждение заявки
p7.2	отклонение заявки
t8.1	заявка утверждена
t8.2	

Построенная сеть Петри была запущена на исполнение, проверена ее адекватность моделируемому сценарию. Запись видео приложена к отчету по ЛР.

Построено дерево достижимости для рассматриваемой сети Петри, представленное на рис. 11. Анализ дерева достижимости показывает, что сеть функционирует согласно сценарию, показанному на рис. 9. На переходе t5 можно прервать операцию, что может означать отказ клиента от подачи заявки. Выявлены следующие характеристики сети:

1. ограничена;
2. обладает свойством сохранения, так как любой путь содержит одинаковую взвешенную сумму;
3. обладает достижимостью;
4. не активна (имеются терминальные вершины).

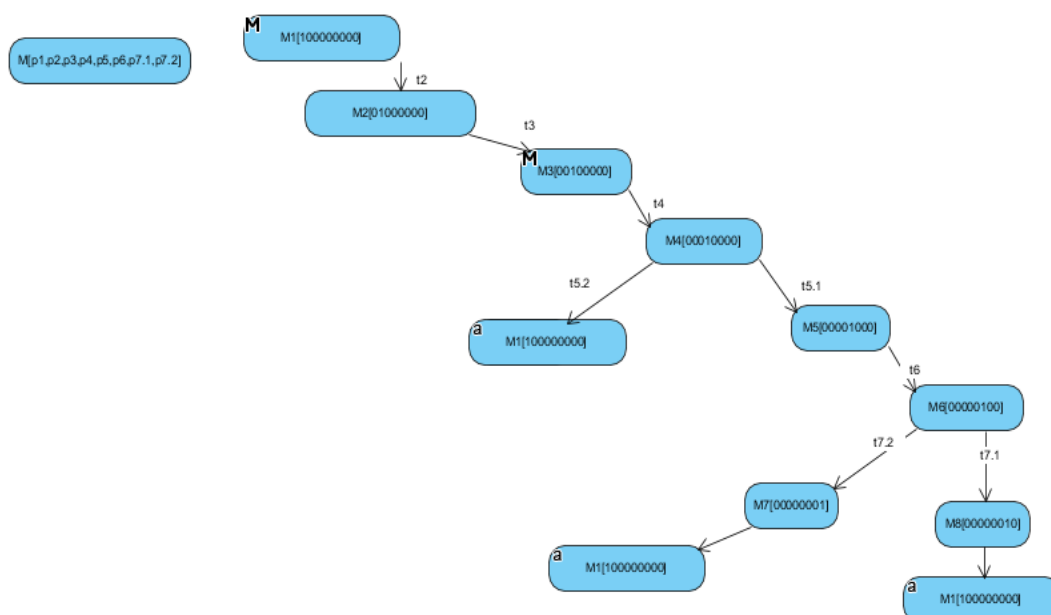


Рис. 11. Дерево достижимости для процесса бронирования аудитории

Проведена экспертная оценка времен исполнения отдельных операций анализируемого процесса, рассчитаны характерные времени исполнения всего процесса.

Экспертная оценка времени исполнения отдельных этапов процесса:

$\tau_1 - \tau_6 = 0$, так как эти события зависят только от человека и не занимают времени автоматизированной системы;

$\tau_{7.1} = \tau_{7.2} = 1$ у.е.

Общее время исполнения составляет

$T = 1$ у.е.

(имеются две различные ветки в конце, которые имеют одинаковый результат).

Сценарий 2 – проведение мероприятия – представлен на рис. 12. Сеть Петри для этого сценария представлена на рис. 13, таблица соответствия для нее показана в табл. 5.

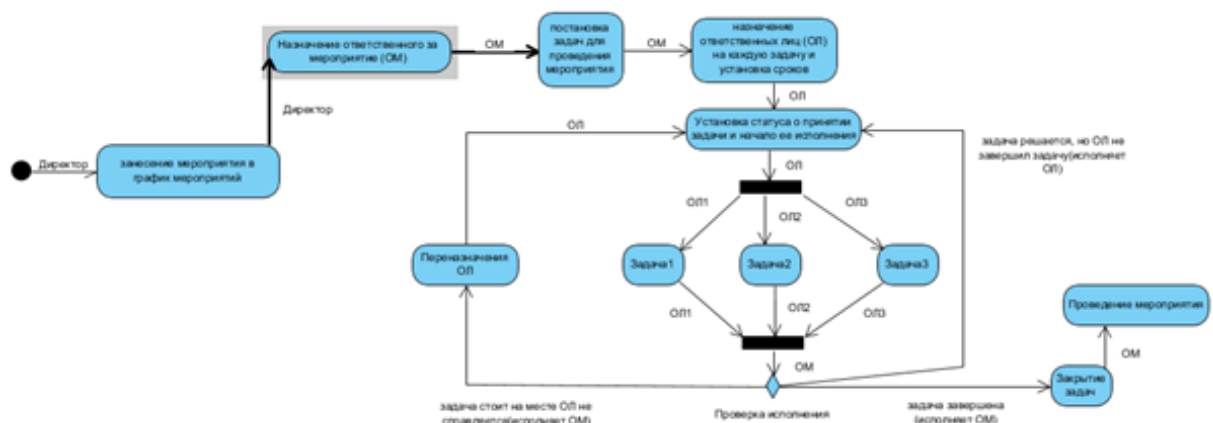


Рис. 12. Сценарий проведения мероприятия

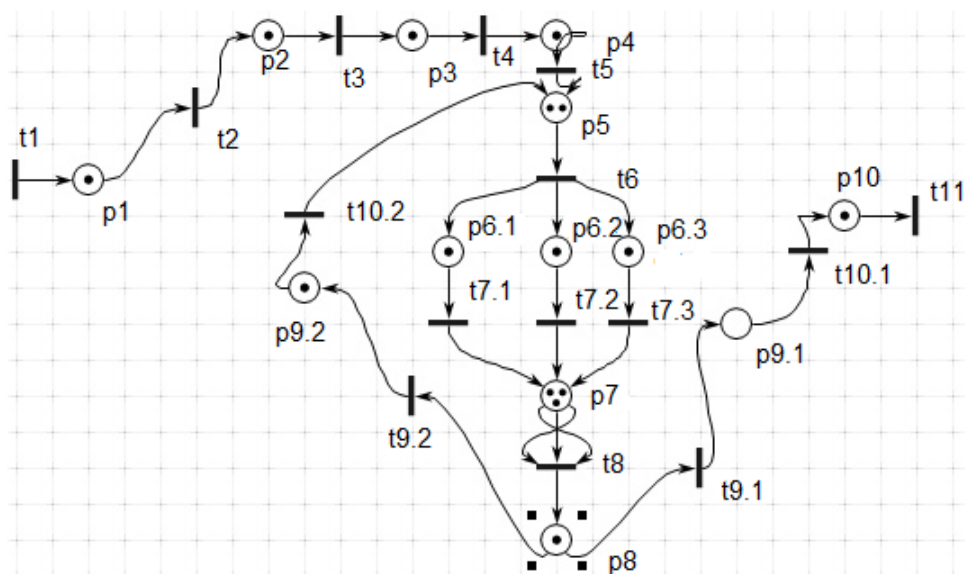


Рис. 13. Сеть Петри для проведения мероприятия

Таблица 5. Таблица соответствия для проведения мероприятия

Компонент сети Петри	Компонент процесса
t1	
p1	занесение мероприятия в график мероприятий
t2	мероприятие занесено
p2	назначение ответственного за мероприятие (ОМ)
t3	ОМ назначен
p3	постановка задач
t4	задачи поставлены
p4	назначение ответственных лиц (ОЛ) на задачи и установка сроков
t5	ОЛ назначены, сроки установлены
p5	установка статуса о принятии задачи и начало ее выполнения
t6	статус поставлен, выполнение начато
p6.1,p6.2,p6.3	выполнение задачи
t7.1,t7.2,t7.3	дедлайн пройден
p7	составление отчёта о готовности задач
t8	отчет составлен
p8	проверка исполнения
t9.1	мероприятие готово
t9.2	мероприятие не готово
p9.1	заккрытие задач
p9.2	корректировка в исполнении задач
t10.1	задачи закрыты
t10.2	корректировка выполнена
p10	проведение мероприятия
t11	мероприятие проведено

Построенную сеть Петри возможно запустить на исполнение, проверить ее адекватность моделируемому сценарию. Запись видео приложить к отчету по ЛР.

Построено дерево достижимости для рассматриваемой сети Петри, представленное на рис. 14.

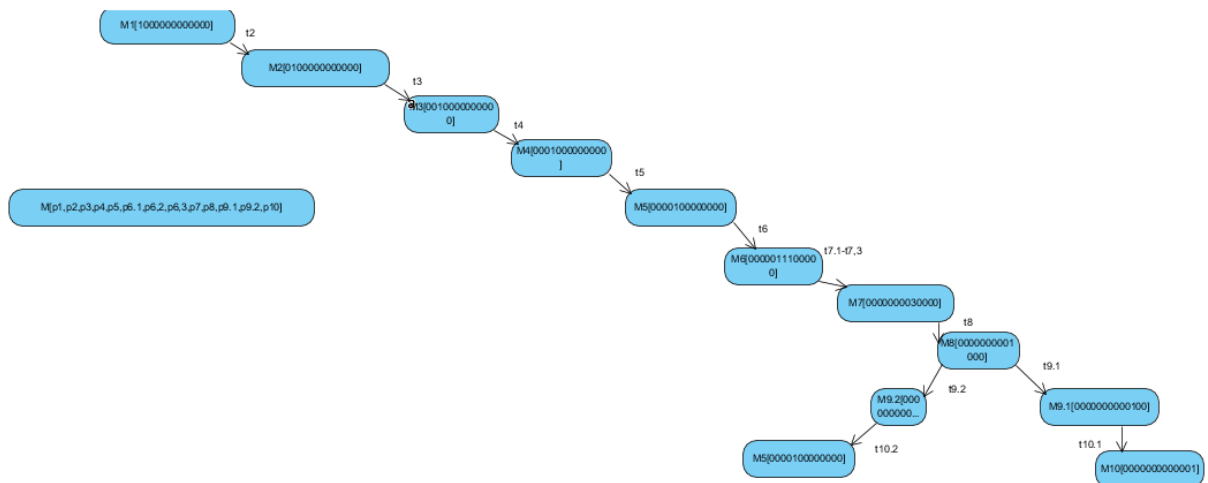


Рис. 14. Дерево достижимости для процесса проведения мероприятия

Анализ дерева достижимости показывает, что сеть функционирует согласно сценарию, показанному на рис. 12. На переходе t6 начинается основная работа по исполнению процесса. По истечению текущих дедлайнов проводится митинг, на котором решается, что дальше делать с поставленными задачами. После этого имеет место развилка (это переходы t9.1, t9.2).

Выявлены следующие характеристики сети:

1. ограничена;
2. обладает свойством сохранения, так как любой путь содержит одинаковую взвешенную сумму;
3. обладает достижимостью;
4. не активна (имеются терминальные вершины).

Проведена экспертная оценка времен исполнения отдельных операций анализируемого процесса, рассчитаны характерные времени исполнения всего процесса.

Экспертная оценка времени исполнения отдельных этапов процесса:

$$\tau_3 = 0.1 \text{ у.е.}$$

$$\tau_4 = 0.3 \text{ у.е.}$$

$$\tau_5 = 0.1 \text{ у.е.}$$

$$\tau_6 = 0$$

$$\tau_{7.1}-\tau_{7.3} = 7 \text{ у.е.}$$

$$\tau_8 = 0.2 \text{ у.е.}$$

$$\tau_{9.1}-\tau_{9.2}, \tau_{10.1}-\tau_{10.2} = 0$$

$$\tau_{11} = 1 \text{ у.е.}$$

Общее время исполнения составляет

$$T = 0.1 + 0.3 + 0.1 + 4 \cdot (7 + 0.2) + 1 = 30,3 \text{ у.е.}$$

Контрольные вопросы

1. Поясните содержательный смысл позиций и переходов при моделировании информационных систем сетями Петри.
2. Что такое маркировка сети Петри?
3. Как изменяется конфигурация сети Петри в результате срабатывания перехода?
4. На чем основан формальный подход к анализу сетей Петри?
5. Как проверяется свойство сохранения сетей Петри?

3. ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА БИЗНЕС-ПРОЦЕССА С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТРИК

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Ознакомиться с методами интегральной оценки качества бизнес-процесса.

ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

1°. KPI (Key Performance Indicator) – это показатель достижения успеха в определенной деятельности или в достижении определенных целей. В управлении бизнес-процессами KPI являются измерителями результативности, эффективности, производительности бизнес-процессов. KPI рабочих процессов – набор метрик, определяемых для оценки эффективности выполнения рабочих процессов в организации. Соответствующие метрики определяются для каждого процесса и декомпозируются на показатели для отдельных сотрудников, ролей, подразделений и организации в целом. Помимо самой метрики, оценивающей эффективность того или иного процесса, определяется ее целевое значение и шкала оценки фактического показателя метрики к ее целевому значению.

К KPI предъявляются следующие требования:

- Адресная принадлежность. Каждый KPI должен закрепляться за конкретным сотрудником или группой из сферы бизнеса (далее – пользователи), несущими ответственность за соответствующие результаты.
- Правильная ориентация. KPI должны быть привязаны к корпоративным стратегическим целям, ключевым бизнес-процессам и проектам развития.
- Достижимость. Утвержденные показатели и нормативы должны быть достижимы. Достижение цели должно быть связано с приложением значительных усилий, но в то же время вероятность ее достижения должна быть не менее 70 – 80%.

- Открытость к действиям. Значения KPI рассчитываются на основе актуальных данных, то есть пользователи должны иметь возможность вмешиваться в процессы, чтобы улучшить результаты работы, пока время еще не упущено.
- Обеспечение прогнозирования. KPI количественно оценивают факторы, влияющие на стоимость бизнеса, то есть они являются показателями, определяющими желательные будущие результаты.
- Ограниченность. KPI должны фокусировать усилия исполнителей на достижении нескольких высокоприоритетных задач, а не рассеивать их на слишком многие предметы.
- Легкость восприятия. KPI должны быть легкими для понимания.
- Сбалансированность и взаимосвязанность. KPI должны быть сбалансированы и «поддерживать» друг друга, а не конфликтовать друг с другом.
- Инициирование изменений. Измерения KPI должны вызывать в организации цепную реакцию положительных изменений, особенно если за процессом следит руководство компании.
- Простота измерения. KPI должны быть понятны и доступны для измерения пользователям.
- Подкрепленность соответствующими индивидуальными стимулами. Показатели должны способствовать мотивации пользователей.
- Релевантность. Воздействие KPI со временем ослабевает, поэтому их следует периодически пересматривать и «освежать».
- Сопоставимость. KPI должны быть сопоставимыми, чтобы одни и те же показатели можно было сравнить в двух подобных ситуациях. Например, нельзя сравнивать значения такого показателя, как средний чек (KPI – отношение среднедневной выручки к количеству чеков за день), для магазинов одного формата, но расположенных в областном центре и «в глубинке».

2°. Предложены различные подходы к структурированию совокупности KPI для бизнес-процессов. Примеры:

списочная структура KPI

1. KPI результата – сколько и какой результат произвели;
2. KPI затрат – сколько ресурсов было затрачено;

3. КРІ функционирования – показатели выполнения бизнес-процессов (позволяет оценить соответствие процесса требуемому алгоритму его выполнения);

4. КРІ производительности – производные показатели, характеризующие соотношение между полученным результатом и временем, затраченным на его получение;

5. КРІ эффективности (показатели эффективности) - производные показатели, характеризующие соотношение полученного результата к затратам ресурсов.

КРІ как четыре сферы (проекции) сбалансированной системы показателей (balanced scorecard – BSC)

финансы; клиенты; процессы; персонал и развитие.

В свою очередь, КРІ в каждой сфере должны быть конкретизированы, например:

КРІ для процесса

Ф. Финансы

F1. Доля операционных затрат процесса в обороте организации

F2. Степень выполнения бюджета процесса

F3. Стоимость выполнения процесса

F4. Эффективность процесса

С. Клиенты и продукты

C1. Результативность процесса

C2. Степень удовлетворенности внешнего/внутреннего клиента процесса

C3. Качество результата процесса

C4. Своевременность предоставления результата процесса

Р. Бизнес-процессы

P1. Длительность выполнения процесса

P2. Доля простоев при выполнении процесса

P3. Качество выполнения процесса

P4. Степень организационной фрагментарности процесса

P5. Степень выполнения плана по улучшению процесса

Р. Персонал и ресурсы

- R1. Доля участников процесса, соответствующих требованиям
- R2. Степень удовлетворенности участников процесса
- R3. Степень гибкости (универсальности, взаимозаменяемости) участников процесса
- R4. Степень автоматизации процесса
- R5. Степень информационной фрагментарности процесса

KPI для подразделения

F. Финансы

- F1. Доля операционных затрат отдела в обороте организации
- F2. Степень выполнения бюджета отдела

C. Клиенты и продукты

- C1. Результативность работы отдела
- C2. Степень удовлетворенности внешнего/внутреннего клиента отдела
- C3. Индекс SLA (Service Level Agreement) отдела

P. Бизнес-процессы

- P1. Степень соблюдения регламентов отдела
- P2. Степень выполнения планов работ отдела

R. Персонал и ресурсы

- R1. Доля сотрудников отдела, соответствующих требованиям
- R2. Степень удовлетворенности сотрудников отдела
- R3. Степень гибкости (универсальности, взаимозаменяемости) сотрудников отдела
- R4. Степень автоматизации процессов отдела

3°. Рекомендуемое количество реально назначаемых KPI зависит от уровня конкретного участника бизнес-процесса в организационной иерархии. Более детально:

- 10-12 для генерального директора;
- 5-7 для департамента и его руководителя;
- 3-7 для отдела и его руководителя;
- 3-5 на индивидуальном уровне.

В целом среднее рекомендуемое количество КРІ для одного сотрудника $= 5 \pm 2$.

4°. Выбранные КРІ для каждого структурного уровня должны быть согласованы, т.е. объединены в единый критерий. Для оценки соотношения важности отдельных КРІ необходимо декомпозировать стратегические приоритеты компании до уровня конкретного подразделения. При взвешивании, то есть при выборе целей с большим весом, необходимо ставить акцент именно на достижение стратегических целей конкретного подразделения и КРІ на ближайший период. Кроме того, полезны следующие рекомендации:

- веса надо расставлять, начиная с более важных КРІ.
- КРІ, соответствующие плохо измеряемым и нерелевантным целям, должны иметь относительно небольшой вес (15–20%).

ЗАДАНИЕ 3 контрольной работы

1. Для сценариев обработки объектов управления ЕСМ предложить набор КРІ.
2. Проверить соответствие предложенных КРІ требованиям п.1°.
3. Для каждого из предложенных КРІ составить формулу расчета.
4. Задать входящие в формулы п. 3 количественные значения коэффициентов, проведя экспертную оценку деятельности подразделения.
4. Построить единый критерий эффективности структурного подразделения.
5. Проверить эффективность разработанной системы КРІ в условиях действия исключений, выявленных в предыдущей лабораторной работе.

Пример выполнения задания 3.

Сценарий 1. Бронирование актового зала/студии звукозаписи для проведения мероприятия (рис. 15).

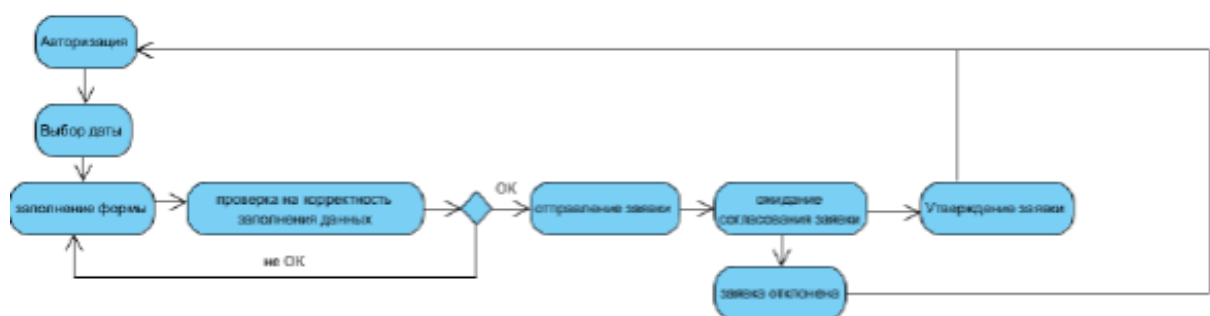


Рис. 15 Сценарий 1

Для формирования КРІ вводятся следующие обозначения:

- Кобр – количество обработанных заявок;
- Кз – общее количество заявок;
- Зб – количество запросов к системе со сбоем;
- З – общее количество запросов к системе;
- Код – количество одобренных заявок;
- Т – время обработки всех заявок;
- Ккз – количество исправленных заявок.

Предлагаются следующие КРІ.

КРІ результата:

- процент обработанных заявок – $(\text{Кобр} / \text{Кз}) * 100$ (0.2);
- процент одобренных заявок – $(\text{Код} / \text{Кз}) * 100$ (0.3);

КРІ функционирования:

- количество сбоев – $\text{Зб} / \text{З}$ (0.2);

КРІ эффективности:

- среднее время обработки заявки – $\text{Кз} / \text{Т}$ (0.3).

Сценарий 2. Проведение мероприятия (рис. 16).

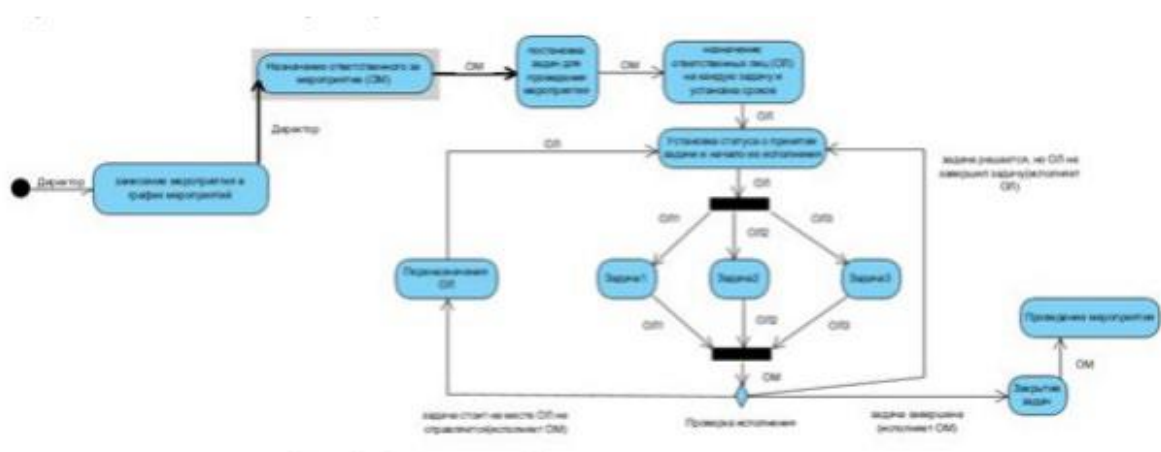


Рис. 16 Сценарий 2

Для формирования КРІ вводятся следующие обозначения:

- Сз – затраченная на мероприятие сумма

- Сб – сумма, установленная бюджетом
- Тврзол – сумма времен, затраченных ответственными лицами (ОЛ) на выполнение задач
- Тусз – сумма установленных сроков задач ОЛ
- Квд – количество выполненных дедлайнов
- Код – общее количество дедлайнов
- Кпрм – количество успешно проведенных мероприятий
- Кобм – общее количество мероприятий
- Кнпрм – количество непроведенных мероприятий
- Ксс – количество срывов сроков задач
- Коз – общее количество задач
- Твrm – Сумма времен, затраченных на подготовку мероприятия
- Тус – сумма установленных сроков для мероприятий
- Тврзол – сумма времен, затраченных на выполнение задач ОЛ
- Кзол – количество задач ОЛ
- Кслож – коэффициент сложности задачи
- Кд,i – коэффициент, соответствующий пропуску дедлайна у задачи i.

Для сотрудников различного уровня (ответственных за мероприятие и ответственных за задачу) предлагаются различные наборы KPI.

Для ответственного за мероприятие (KPI OM):

- процент срывов сроков выполнения задач – K_{ss}/K_{oz} (0,1);
- нормированное среднее время подготовки мероприятия – T_{vr}/T_{usm} (0,6);
- процент успешно проведенных мероприятий – K_{prm}/K_{obm} (0,1);
- укладывание в бюджет – C_3/C_6 (0,2).

Для ответственного лица (KPI OL):

- уровень сложности задач (назначается OM, после обсуждения) –

$$\sum_i K_{слож,i} \times K_{д,i} ; (0,3)$$

процент выполненных дедлайнов (определяется по результатам проведения мероприятия) – K_{vd}/K_{od} ; (0,6)

- нормированное среднее время выполнения задачи конкретным ОЛ – Тврзол/Тусз (0,1).

При построении единого критерия по обоим сценариям используется свертка отдельных КРІ путем введения аддитивной функции, т.е. суммирования отдельных КРІ со своими весовыми коэффициентами, которые указаны в скобках после каждого КРІ.

Таким образом, заработная плата ОМ и каждого ОЛ складывается из базовой ставки, к которой работник получает надбавку в соответствии с рассчитанным КРІ. Расчёт надбавок и вклада каждого работника происходит после проведения каждого мероприятия.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение КРІ рабочих процессов.
2. Какие требования предъявляются к КРІ?
3. Приведите примеры подходов к структурированию КРІ для бизнес-процессов.
4. От чего зависит рекомендуемое количество реально назначаемых КРІ для конкретного участника бизнес-процесса?
5. Какие цели должны рассматриваться как приоритетные при назначении КРІ на ближайший период?
6. Перечислите принципы объединения частных критериев в единый критерий.

Литература

1. Гусарова Н.Ф., Добренко Н.В. Теория систем и системный анализ. – СПб: Университет ИТМО, 2019. – 84 с.
2. Кориков А.М., Павлов С.Н. Теория систем и системный анализ. Учебное пособие. – М.: НИЦ ИНФРА-М, 2019. – 288 с. – ISBN 978-5-16-005770-5