


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова

Кафедра теоретической информатики

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета ИВТ

 Д.Ю. Чалый

« 18 » мая 2020 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
«Сети Петри»

**Направление подготовки**  
02.03.02 Фундаментальная информатика и информационные технологии

**Профиль**  
«Информатика и компьютерные науки»

**Квалификация выпускника**  
Бакалавр

**Форма обучения**  
очная

Программа рассмотрена  
на заседании кафедры  
от 27 апреля 2020 г.,  
протокол № 9

Программа одобрена НМК  
факультета ИВТ  
протокол № 7 от  
17 мая 2020 г.

Ярославль  
2020

### 1. Цели освоения дисциплины

Целями дисциплины «Сети Петри» являются ознакомление с основами теории сетей Петри, а также с примыкающими разделами дискретной математики; обучение основным методам моделирования и анализа параллельных и распределенных систем; ознакомление с историей развития теории сетей Петри. Дисциплина «Сети Петри» содействует расширению научного кругозора студента, формированию представления о современном состоянии теоретической информатики и приобретению специальных знаний из области моделирования и анализа сложных информационных систем.

### 2. Место дисциплины в структуре ОП бакалавриата

Дисциплина «Сети Петри» относится к вариативной части (дисциплина по выбору) ОП бакалавриата. Она имеет разносторонние связи со многими другими математическими и специальными дисциплинами. При изучении дисциплины «Сети Петри» используются знания из теории множеств (операции и отношения на множествах), теории алгоритмов (конечные автоматы, машины Тьюринга, проблемы разрешимости, проблемы сложности алгоритмов) и теории формальных языков.

При освоении дисциплины необходимы такие личностные характеристики, как: общая образованность, организованность и трудолюбие, самостоятельность, настойчивость в достижении цели.

### 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОП бакалавриата

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих элементов компетенций в соответствии с ФГОС ВО, ОП ВО и приобретения следующих знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности:

Формируемая компетенция (код и формулировка)	Индикатор достижения компетенции (код и формулировка)	Перечень планируемых результатов обучения
<b>Профессиональные компетенции</b>		
ПК-1 Способен понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат и современные технологии, интерпретировать данные современных научных исследований	ПК-1.1 Способен провести оценку и обоснование решения задач профессиональной деятельности на основе знаний в области математических и естественных наук, информационных технологий	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>– основы теории мультимножеств и частичных порядков;</li><li>– ключевые понятия и проблемы теории параллелизма;</li><li>– основы теории сетей Петри;</li><li>– некоторые важнейшие методы спецификации и анализа поведения систем.</li><li>– о значении теории формальных моделей в целом и теории сетей Петри в частности, ее месте в математике и информатике и роли в решении прикладных задач;</li><li>– об истории развития теории сетей Петри и о некоторых современных направлениях исследований и проблемах.</li></ul> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>– моделировать сложные (в том числе параллельные и распределенные) информационные системы при помощи сетей Петри;</li></ul> <p>Владеть навыками:</p>

		– анализа полученной модели, определения её ключевых свойств; – работы с понятиями мультимножества и частичного порядка.
--	--	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

#### 4. Объем, структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зач. ед., 72 акад. час.

№ п/п	Темы (разделы) дисциплины, их содержание	Семестр	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов, и их трудоемкость (в академических часах)						Формы текущего контроля успеваемости	Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
			Контактная работа						самостоятельная работа	
			лекции	практические	лабораторные	консультации	аттестационные испытания			
1.	Введение в теорию сетей Петри	7	2		2			5		
2.	Мультимножества и частичные порядки	7	2		2			5	Контрольная работа	
3.	Обыкновенные сети Петри	7	4		4			5	Контрольная работа	
4.	Языки сетей Петри, анализ поведения систем	7	2		2	1		5	Контрольная работа	
5.	Подклассы и расширения обыкновенных сетей Петри	7	4		4	1		5	Контрольная работа	
6.	Сети Петри высокого уровня	7	4		4	1		7,2	Контрольная работа	
	<b>Всего за 7 семестр</b>		<b>18</b>		<b>18</b>	<b>3</b>		<b>32,7</b>	<b>Зачет</b>	
	<b>Всего</b>		<b>18</b>		<b>18</b>	<b>3</b>		<b>72</b>		

#### Содержание разделов дисциплины:

##### Раздел 1. Введение в теорию сетей Петри

Теория формальных моделей. Краткий исторический обзор. Задачи моделирования. Спецификация, тестирование, верификация. Выразительность и разрешимость. Тезис Чёрча-Тьюринга. Неформальное определение сети Петри. Примеры применения.

##### Раздел 2. Мультимножества и частичные порядки

Понятие мультимножества. Операции и отношения на мультимножествах. Понятие частично упорядоченного множества. Свойства частичных порядков.

##### Раздел 3. Обыкновенные сети Петри

Формальное определение. Поведение сети. Основные принципы моделирования, заложенные в формализм сетей Петри. Формализованные свойства элементов системы: ограниченность, безопасность, живость. Анализ множества достижимости. Полное

покрывающее дерево. Разрешимые и неразрешимые проблемы для обыкновенных сетей Петри. Сеть Петри как система уравнений. Инварианты.

#### **Раздел 4. Языки сетей Петри, анализ поведения систем**

Помеченные сети Петри. Распознавание (порождение) языков сетями Петри. Виды языков сетей Петри: свободный, префиксный, терминальный, тупиковый. Сравнение выразительности различных классов языков. Сравнение классов языков сетей Петри с классами языков иерархии Хомского. Разрешимые и неразрешимые свойства языков сетей Петри. Другие способы анализа поведения системы. Бисимуляционная эквивалентность.

#### **Раздел 5. Подклассы и расширения обыкновенных сетей Петри**

Подклассы: элементарные сети Петри, автоматные сети, маркированные графы, сети со свободным выбором, сети позиций/переходов. Расширения: универсальные сети Петри (сети с ингибиторными дугами, сети с приоритетами), сети Петри с переносящими дугами, сети Петри с обнуляющими дугами.

#### **Раздел 6. Сети Петри высокого уровня**

Современные подходы к проектированию систем и моделирование при помощи сетей Петри. Раскрашенные сети Йенсена (CPN) и примеры их использования. Вложенные сети Ломазовой. Рекурсивные вложенные сети.

### **5. Образовательные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

В процессе обучения используются следующие образовательные технологии:

**Академическая лекция** (или лекция общего курса) – последовательное изложение материала, осуществляемое преимущественно в виде монолога преподавателя. Требования к академической лекции: современный научный уровень и насыщенная информативность, убедительная аргументация, доступная и понятная речь, четкая структура и логика, наличие ярких примеров, научных доказательств, обоснований, фактов.

**Вводная лекция** – дает первое целостное представление о дисциплине (или ее разделе) и ориентирует студента в системе изучения данной дисциплины. Студенты знакомятся с назначением и задачами курса, его ролью и местом в системе учебных дисциплин и в системе подготовки специалиста. Дается краткий обзор курса, история развития науки и практики, достижения в этой сфере, имена известных ученых, излагаются перспективные направления исследований. На этой лекции высказываются методические и организационные особенности работы в рамках курса, а также дается анализ рекомендуемой учебно-методической литературы.

**Семинар (семинарское занятие)** – форма занятия, на котором происходит обсуждение студентами под руководством преподавателя заранее подготовленных докладов, рефератов, проектов. Семинар выполняет следующие функции: систематизация и обобщение знаний по изученному вопросу, теме, разделу (в том числе в нескольких учебных курсах); совершенствование умений работать с дополнительными источниками, сопоставлять изложение одних и тех же вопросов в различных источниках информации; умений высказывать свою точку зрения, обосновывать ее; писать рефераты, тезисы и планы докладов и сообщений, конспектировать прочитанное. План семинара озвучивается заранее и в нем обычно указываются основные вопросы, подлежащие рассмотрению и литература, рекомендуемая всем и отдельным докладчикам.

**Практическое занятие** – занятие, посвященное освоению конкретных умений и навыков и закреплению полученных на лекции знаний по предложенному алгоритму.

**Консультации** – групповые занятия, являющиеся одной из форм контроля самостоятельной работы студентов. На консультациях по просьбе студентов рассматриваются наиболее сложные моменты в решении задач, которые возникают у них в

процессе самостоятельной работы, обсуждаются результаты решения заданий, выполненных студентами самостоятельно.

**6. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

В процессе осуществления образовательного процесса используются:

- для формирования текстов материалов для промежуточной и текущей аттестации – программы Microsoft Office, издательская система LaTeX;
- для поиска учебной литературы библиотеки ЯрГУ – Автоматизированная библиотечная информационная система "БУКИ-NEXT" (АБИС "Буки-Next").

**7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины**

а) основная:

1. Башкин В.А. Модели потоков работ: метод. указания. - Ярославль: ЯрГУ, 2009.
2. Ломазова И.А. Сети Петри и анализ поведенческих свойств распределенных систем. - Ярославль: ЯрГУ, 2002.

б) дополнительная:

1. Котов В.Е. Сети Петри. - М.: Наука. 1984.
2. Ломазова И.А. Вложенные сети Петри: моделирование и анализ распределенных систем с объектной структурой. / И. А.Ломазова - М.: Научный мир, 2004. - 207с.
3. Башкин В. А. Эквивалентность ресурсов в сетях Петри. / В. А. Башкин, И. А. Ломазова - М.: Научный мир, 2008. - 206 с.

в) ресурсы сети «Интернет»

1. Petri Net Community Web Site <http://www.informatik.uni-hamburg.de/TGI/PetriNets/>
2. CPN Group <http://cs.au.dk/CPnets/>
3. Place/Transition Petri Nets <http://www.cmi.ac.in/~madhavan/courses/acts2010/desel-reisig-ptnets.pdf>
4. The Application of Petri Nets to Workflow Management <http://www.wis.win.tue.nl/~wvdaalst/publications/p53.pdf>

**8. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Аудитории, оборудованные для проведения лекций, практических занятий и консультаций, фонд библиотеки, компьютерная техника.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.

Число посадочных мест в лекционной аудитории больше либо равно списочному составу потока, а в аудитории для практических занятий (семинаров) - списочному составу группы обучающихся.

**Автор(ы) :**

Доцент кафедры ТИ, д.ф.-м.н. Башкин В.А.

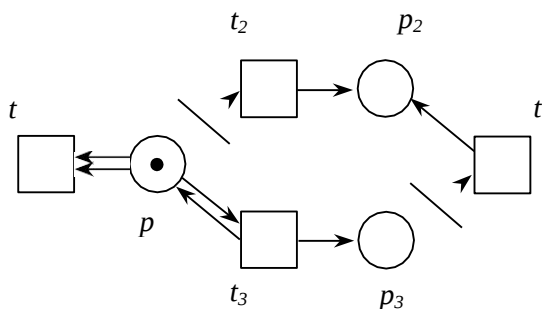
**Приложение №1 к рабочей программе дисциплины  
«Сети Петри»  
Фонд оценочных средств  
для проведения текущей и промежуточной аттестации студентов  
по дисциплине**

**1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

**1.1. Контрольные задания и иные материалы, используемые в процессе текущей аттестации**

**Типовой вариант контрольной работы**

- Даны мультимножества над множеством из трех элементов:  
 $M_1 = (1, 3, 4)$ ,  $M_2 = (0, 4, 4)$ ,  $M_3 = (1, 0, 1)$ .  
 Найти значения мультимножеств:  
 $M_1 + M_2 = ?$        $M_1 \cup M_2 = ?$   
 $M_2 \cap M_3 = ?$        $M_2 - M_3 = ?$
- Построить полное покрывающее дерево сети Петри, определить ограниченность и безопасность позиций, потенциальную живость переходов.



- Построить помеченную сеть Петри, порождающую язык  $L$  в качестве терминального (нарисовать сеть, указать  $M_t$ ):  
 $\{ a^n b a^m \mid n, m > 0 \}$
- Построить помеченную сеть Петри с невидимыми переходами (или без), порождающую язык  $L$  в качестве терминального:  
 $\{ a^n b a^n b a^n \mid n \geq 0 \}$

Результаты решения заданий обсуждаются на консультациях по просьбе студентов.

**Список заданий к зачету**

- Мультимножества.** Понятие конечного мультимножества. Операции и отношения на мультимножествах.
- Частичные порядки.** Частичный порядок. Квазипорядок. Линейный порядок. Вполне упорядочиваемый квазипорядок (wqo).
- Сети Петри.** Графическое представление, формальное определение, правило срабатывания перехода, достижимые разметки.

4. *Основные свойства.* Ограниченность, безопасность, консервативность, потенциальная живость, живость.
5. *Полное покрывающее дерево сети Петри.* Свойство монотонности сетей Петри, алгоритм построения полного покрывающего дерева, его использование.
6. *Алгоритмические проблемы.* Ограниченность, достижимость, равенство множеств достижимости.
7. *Инварианты в сетях Петри.* Сеть Петри как система уравнений. Р-инварианты и Т-инварианты.
8. *Языки сетей Петри.* Префиксные, терминальные языки. Сравнение класса языков сетей Петри с классами регулярных (автоматных), контекстно-свободных и контекстно-зависимых языков.
9. *Подклассы сетей Петри.* Ординарные сети, автоматные сети, маркированные графы.
10. *Универсальные сети Петри.* Сети Петри с ингибиторными дугами: определение, сравнение с машинами Тьюринга (универсальными системами). Моделирование проверки на ноль. Сети Петри с приоритетами.
11. *Высокоуровневые сети Петри.* Раскрашенные сети Йенсена. Моделирование объектов и конечных типов данных.
12. *Вложенные сети Петри.* Двухуровневые вложенные сети. Рекурсивные вложенные сети Петри. Характеристика выразительной мощности.

## **2. Перечень компетенций, этапы их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкалы оценивания**

### **2.1. Шкала оценивания сформированности компетенций и ее описание**

Оценивание уровня сформированности компетенций в процессе освоения дисциплины осуществляется по следующей трехуровневой шкале:

*Пороговый уровень* - предполагает отражение тех ожидаемых результатов, которые определяют минимальный набор знаний и (или) умений и (или) навыков, полученных студентом в результате освоения дисциплины. Пороговый уровень является обязательным уровнем для студента к моменту завершения им освоения данной дисциплины.

*Продвинутый уровень* - предполагает способность студента использовать знания, умения, навыки и (или) опыт деятельности, полученные при освоении дисциплины, для решения профессиональных задач. Продвинутый уровень превосходит пороговый уровень по нескольким существенным признакам.

*Высокий уровень* - предполагает способность студента использовать потенциал интегрированных знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, полученных при освоении дисциплины, для творческого решения профессиональных задач и самостоятельного поиска новых подходов в их решении путем комбинирования и использования известных способов решения применительно к конкретным условиям. Высокий уровень превосходит пороговый уровень по всем существенным признакам.



## 2.2. Перечень компетенций, этапы их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования

Код компетенции	Форма контроля	Этапы формирования (№ темы (раздела))	Показатели оценивания	Шкала и критерии оценивания компетенций на различных этапах их формирования		
				Пороговый уровень	Продвинутый уровень	Высокий уровень
Профессиональные компетенции						
ПК-1	Контрольная работа. Зачет.	1-6	Знать: <ul style="list-style-type: none"><li>– основы теории мультимножеств и частичных порядков;</li><li>– ключевые понятия и проблемы теории параллелизма;</li><li>– основы теории сетей Петри;</li><li>– некоторые важнейшие методы спецификации и анализа поведения систем.</li><li>– о значении теории формальных моделей в целом и теории сетей Петри в частности, ее месте в математике и информатике и роли в решении прикладных задач;</li><li>– об истории развития теории сетей Петри</li></ul>	Знать: <ul style="list-style-type: none"><li>– основы теории мультимножеств и частичных порядков;</li><li>– ключевые понятия и проблемы теории параллелизма;</li><li>– основы теории сетей Петри.</li></ul> Уметь: <ul style="list-style-type: none"><li>– моделировать сложные (в том числе параллельные и распределенные) информационные системы при помощи сетей Петри;</li></ul> Владеть навыками: <ul style="list-style-type: none"><li>– анализа полученной модели.</li></ul>	Знать: <ul style="list-style-type: none"><li>– основы теории мультимножеств и частичных порядков;</li><li>– ключевые понятия и проблемы теории параллелизма;</li><li>– основы теории сетей Петри;</li><li>– некоторые важнейшие методы спецификации и анализа поведения систем.</li><li>– о значении теории формальных моделей в целом и теории сетей Петри в частности, ее месте в математике и информатике и роли в решении прикладных задач.</li></ul> Уметь: <ul style="list-style-type: none"><li>– моделировать сложные (в том числе параллельные и распределенные)</li></ul>	Знать: <ul style="list-style-type: none"><li>– основы теории мультимножеств и частичных порядков;</li><li>– ключевые понятия и проблемы теории параллелизма;</li><li>– основы теории сетей Петри;</li><li>– некоторые важнейшие методы спецификации и анализа поведения систем.</li><li>– о значении теории формальных моделей в целом и теории сетей Петри в частности, ее месте в математике и информатике и роли в решении прикладных задач;</li><li>– об истории развития теории сетей Петри и о некоторых современных направлениях</li></ul>

			<p>и о некоторых современных направлениях исследований и проблемах.</p> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– моделировать сложные (в том числе параллельные и распределенные) информационные системы при помощи сетей Петри;</li> </ul> <p>Владеть навыками:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– анализа полученной модели, определения её ключевых свойств;</li> <li>– работы с понятиями мультимножества и частичного порядка.</li> </ul>		<p>информационные системы при помощи сетей Петри;</p> <p>Владеть навыками:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– анализа полученной модели, определения её ключевых свойств;</li> <li>– работы с понятиями мультимножества и частичного порядка.</li> </ul>	<p>исследований и проблемах.</p> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– моделировать сложные (в том числе параллельные и распределенные) информационные системы при помощи сетей Петри;</li> </ul> <p>Владеть навыками:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– анализа полученной модели, определения её ключевых свойств;</li> <li>– работы с понятиями мультимножества и частичного порядка.</li> </ul>
--	--	--	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

### **3. Методические рекомендации преподавателю по процедуре оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

Целью процедуры оценивания является определение степени овладения студентом ожидаемыми результатами обучения (знаниями, умениями, навыками и (или) опытом деятельности).

Процедура оценивания степени овладения студентом ожидаемыми результатами обучения осуществляется с помощью методических материалов, представленных в разделе «Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций»

#### **3.1 Критерии оценивания степени овладения знаниями, умениями, навыками и (или) опытом деятельности, определяющие уровни сформированности компетенций**

Пороговый уровень (общие характеристики):

- владение основным объемом знаний по программе дисциплины;
- знание основной терминологии данной области знаний, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы без существенных ошибок;
- владение инструментарием дисциплины, умение его использовать в решении стандартных (типовых) задач;
- способность самостоятельно применять типовые решения в рамках рабочей программы дисциплины;
- усвоение основной литературы, рекомендованной рабочей программой дисциплины;
- знание базовых теорий, концепций и направлений по изучаемой дисциплине;
- самостоятельная работа на практических и лабораторных занятиях, периодическое участие в групповых обсуждениях, достаточный уровень культуры исполнения заданий.

Продвинутый уровень (общие характеристики):

- достаточно полные и систематизированные знания в объёме программы дисциплины;
- использование основной терминологии данной области знаний, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать выводы;
- владение инструментарием дисциплины, умение его использовать в решении учебных и профессиональных задач;
- способность самостоятельно решать сложные задачи (проблемы) в рамках рабочей программы дисциплины;
- усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной рабочей программой дисциплины;
- умение ориентироваться в базовых теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им сравнительную оценку;
- самостоятельная работа на практических и лабораторных занятиях, участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

Высокий уровень (общие характеристики):

- систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам дисциплины;
- точное использование терминологии данной области знаний, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы;

- безупречное владение инструментарием дисциплины, умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач;
- способность самостоятельно и творчески решать сложные задачи (проблемы) в рамках рабочей программы дисциплины;
- полное и глубокое усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной рабочей программой дисциплины;
- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им критическую оценку;
- активная самостоятельная работа на практических и лабораторных занятиях, творческое участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

### **3.2 Описание процедуры выставления оценки**

В зависимости от уровня сформированности каждой компетенции по окончании освоения дисциплины студенту выставляется оценка. Для дисциплин, изучаемых в течение нескольких семестров, оценка может выставляться не только по окончании ее освоения, но и в промежуточных семестрах. Вид оценки («отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно», «зачтено», «незачтено») определяется рабочей программой дисциплины в соответствии с учебным планом.

Оценка «отлично» выставляется студенту, у которого каждая компетенция (полностью или частично формируемая данной дисциплиной) сформирована на высоком уровне.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, у которого каждая компетенция (полностью или частично формируемая данной дисциплиной) сформирована не ниже, чем на продвинутом уровне.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, у которого каждая компетенция (полностью или частично формируемая данной дисциплиной) сформирована не ниже, чем на пороговом уровне.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, у которого хотя бы одна компетенция (полностью или частично формируемая данной дисциплиной) сформирована ниже, чем на пороговом уровне.

Оценка «зачет» выставляется студенту, у которого каждая компетенция (полностью или частично формируемая данной дисциплиной) сформирована не ниже, чем на пороговом уровне.

Оценка «незачтено» выставляется студенту, у которого хотя бы одна компетенция (полностью или частично формируемая данной дисциплиной) сформирована ниже, чем на пороговом уровне.

## **Приложение №2 к рабочей программе дисциплины «Сети Петри»**

### **1. Методические указания для студентов по освоению дисциплины**

«Сети Петри» - математическая дисциплина, посвященная изучению теории формальных моделей, в первую очередь моделей параллельных и распределенных систем. В связи с теоретической направленностью курса важно внимательно отнестись к повторению основных понятий и обозначений математической логики и теории множеств (множества, кванторы, логические связки, правила вывода, формальные грамматики, конечные автоматы), а также к освоению базовых математических понятий, изучаемых в рамках данной дисциплины (мультимножества, частичные порядки).

По-видимому, наиболее сложными темами являются «Полное покрывающее дерево сетей Петри» и «Языки сетей Петри». В первом случае необходимо изучить алгоритмы построения покрывающего дерева и полного покрывающего дерева, а также освоить их на практике и запомнить решаемые с их помощью классы задач. Вторая тема довольно велика по объему и включает в себя важнейшие теоремы, устанавливающие соотношения (по выразительности) между классом сетей Петри и такими классами систем, как конечные автоматы, магазинные автоматы и машины Тьюринга. Доказательства теорем достаточно простые (на уровне построения и обоснования примеров моделей), однако требуют четкого понимания заложенных в них идей.

В качестве дополнительных источников информации можно порекомендовать книги Котова и Питерсона начала 1980-х годов. К сожалению, более новых и достаточно подробных книг по теории сетей Петри на русском языке в настоящее время нет. Однако существует большое число англоязычной литературы, в том числе доступной в электронном виде в Интернет. Подробную информацию можно получить на официальном сайте «Petri Net Community». Там же можно найти примеры use cases и систем, построенных на основе сетей Петри.

В качестве тем для подготовки рефератов можно взять «Алгебры процессов», «PRS-системы», «Темпоральные логики» и другие смежные темы. Ещё одним вариантом реферата является построение и анализ модели какой-нибудь достаточно сложной системы (например, бизнес-процесса). Анализировать нужно такие свойства, как ограниченность, безопасность, живость и т.д.

### **2.**

Оценивание результатов обучения студентов по дисциплине «Сети Петри» осуществляется по регламенту текущего контроля и промежуточной аттестации.

Текущий контроль в семестре проводится с целью обеспечения своевременной обратной связи, для коррекции обучения, активизации самостоятельной работы студентов.

Текущий контроль проводится в виде контрольных работ. Критериями оценивания степени овладения умениями и навыками, полученными в результате освоения данной дисциплины, являются следующие критерии:

### **2. Критерии оценивания степени овладения знаниями, умениями, навыками и (или) опытом деятельности по результатам самостоятельной работы студентов**

- уровень освоения студентом учебного материала.
- умение использовать теоретические знания при выполнении практических, ситуационных задач.
- сформированность общеучебных умений,
- обоснованность и четкость изложения ответа,
- оформление материала в соответствии с требованиями,

- уровень самостоятельности студента при выполнении СР,

#### **Критерии оценки результатов внеаудиторной СРС :**

- уровень освоения учебного материала;
- уровень умения использовать теоретические знания при выполнении практических задач;
- уровень сформированности общеучебных умений;
- уровень умения активно использовать электронные образовательные ресурсы, находить требующуюся информацию, изучать ее и применять на практике;
- обоснованность и четкость изложения материала;
- уровень умения ориентироваться в потоке информации, выделять главное;
- уровень умения четко сформулировать проблему, предложив ее решение, критически оценить решение и его последствия;
- уровень умения определить, проанализировать альтернативные возможности, варианты действий;
- уровень умения сформулировать собственную позицию, оценку и аргументировать ее;
- оформление материала в соответствии с требованиями.

#### **Критерии оценки результатов контрольной работы**

«Отлично» (5 баллов) – ставится за работу, выполненную полностью без ошибок и недочетов.

«Хорошо» (4 балла) – ставится за работу, выполненную полностью, но при наличии в ней не более одной ошибки и одного недочета, или не более трех недочетов.

«Удовлетворительно» (3 балла) – ставится за работу, если обучающийся правильно выполнил не менее 2/3 всей работы.

«Неудовлетворительно» (0 баллов) – ставится за работу, если число ошибок и недочетов превысило норму для оценки «3» или правильно выполнено менее 2/3 всей работы.

### **3. Шкала оценивания успеваемости текущего контроля и промежуточной аттестации.**

В зависимости от уровня сформированности компетенции по окончании освоения дисциплины студенту выставляется оценка «зачтено» или «не зачтено» или оценка по четырехбалльной шкале.

#### **Шкала оценивания зачёта**

«Зачтено» заслуживает студент, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание учебно-программного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой.

Как правило, оценка «Зачтено» выставляется студентам, усвоившим взаимосвязь основных понятий дисциплины в их значении для приобретаемой профессии, проявившим творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала.

«Не зачтено» выставляется студенту, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий. Как правило, оценка «Не зачтено» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности по окончании вуза без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине

## **Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов по дисциплине**

Для самостоятельной работы особенно рекомендуется использовать учебную литературу.

### **а) основная литература:**

4. Башкин В.А. Модели потоков работ: метод. указания. - Ярославль.: ЯрГУ, 2009.
5. Ломазова И. А. Вложенные сети Петри: моделирование и анализ распределенных систем с объектной структурой. / И. А. Ломазова - М.: Научный мир, 2004. - 207с.

### **б) дополнительная литература:**

6. Котов В.Е. Сети Петри. - М.: Наука. 1984.
7. Ломазова И.А. Сети Петри и анализ поведенческих свойств распределенных систем. - Ярославль: ЯрГУ, 2002.
8. Питерсон Дж. Сети Петри и моделирование систем. - М.: Мир. 1984.
9. Ван дер Аалст В., ван Хей К. Управление потоками работ. – М.: Физматлит. 2007.
10. Ачасова С.М., Бандман О.Л. Корректность параллельных вычислительных процессов. Новосибирск: Наука, 1990.
11. Jantzen M. Language Theory of Petri Nets // Lecture Notes in Computer Science. 1987. V.254.
12. Jancar P., Moller F. Techniques for decidability and undecidability of bisimilarity // Lecture Notes in Computer Science. 1999. V.1664.
13. Jensen K. Coloured Petri nets. Vol. 1. - EATCS Monographs on TCS, Springer-Verlag, 1994.
14. Milner R. Communication and Concurrency. Prentice Hall. 1989.
15. Minsky M. Computation: Finite and Infinite Machines. Prentice Hall. 1967.
16. Petri C.A. Kommunikation mit Automaten. PhD theses. Bonn: Institute fur Instrumentelle Mathematik. 1962.
17. Reisig W. Petri nets. Springer-Verlag. 1985.

Также для подбора учебной литературы рекомендуется использовать широкий спектр интернет-ресурсов:

1. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online» ([www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru)) - электронная библиотека, обеспечивающая доступ к наиболее востребованным материалам-первоисточникам, учебной, научной и художественной литературе ведущих издательств (\*регистрация в электронной библиотеке – только в сети университета. После регистрации работа с системой возможна с любой точки доступа в Internet.).

2. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" (<http://window.edu.ru/library>).

Целью создания информационной системы "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" (ИС "Единое окно") является обеспечение свободного доступа к интегральному каталогу образовательных интернет-ресурсов и к электронной библиотеке учебно-методических материалов для общего и профессионального образования.

Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" создана по заказу Федерального агентства по образованию в 2005-2008 гг. Главной разработчик проекта - Федеральное государственное автономное учреждение Государственный научно-исследовательский институт информационных технологий и телекоммуникаций (ФГАУ ГНИИ ИТТ "Информика") [www.informika.ru](http://www.informika.ru).

ИС "Единое окно" объединяет в единое информационное пространство электронные ресурсы свободного доступа для всех уровней образования в России. Разделы этой системы:

- Электронная библиотека – является крупнейшим в российском сегменте Интернета хранилищем полнотекстовых версий учебных, учебно-методических и научных материалов с открытым доступом. Библиотека содержит более 30 000 материалов, источниками

которых являются более трехсот российских вузов и других образовательных и научных учреждений. Основу наполнения библиотеки составляют электронные версии учебно-методических материалов, подготовленные в вузах, прошедшие рецензирование и рекомендованные к использованию советами факультетов, учебно-методическими комиссиями и другими вузовскими структурами, осуществляющими контроль учебно-методической деятельности.

- Интегральный каталог образовательных интернет-ресурсов содержит представленные в стандартизированной форме метаданные внешних ресурсов, а также содержит описания полнотекстовых публикаций электронной библиотеки. Общий объем каталога превышает 56 000 метаописаний (из них около 25 000 - внешние ресурсы). Расширенный поиск в "Каталоге" осуществляется по названию, автору, аннотации, ключевым словам с возможной фильтрацией по тематике, предмету, типу материала, уровню образования и аудитории.

- Избранное. В разделе представлены подборки наиболее содержательных и полезных, по мнению редакции, интернет-ресурсов для общего и профессионального образования.

- Библиотеки вузов. Раздел содержит подборки сайтов вузовских библиотек, электронных каталогов библиотек вузов и полнотекстовых электронных библиотек вузов.

Для самостоятельного подбора литературы в библиотеке ЯрГУ рекомендуется использовать:

1. Личный кабинет ([http://lib.uniyar.ac.ru/opac/bk\\_login.php](http://lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_login.php)) дает возможность получения on-line доступа к списку выданной в автоматизированном режиме литературы, просмотра и копирования электронных версий изданий сотрудников университета (учеб. и метод. пособия, тексты лекций и т.д.) Для работы в «Личном кабинете» необходимо зайти на сайт Научной библиотеки ЯрГУ с любой точки, имеющей доступ в Internet, в пункт меню «Электронный каталог»; пройти процедуру авторизации, выбрав вкладку «Авторизация», и заполнить представленные поля информации.

2. Электронная библиотека учебных материалов ЯрГУ ([http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk\\_cat\\_find.php](http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php)) содержит более 2500 полных текстов учебных и учебно-методических материалов по основным изучаемым дисциплинам, изданных в университете. Доступ в сети университета, либо по логину/паролю.

3. Электронная картотека «Книгообеспеченность» ([http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk\\_bookreq\\_find.php](http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_bookreq_find.php)) раскрывает учебный фонд научной библиотеки ЯрГУ, предоставляет оперативную информацию о состоянии книгообеспеченности дисциплин основной и дополнительной литературой, а также цикла дисциплин и специальностей. Электронная картотека «Книгообеспеченность» доступна в сети университета и через Личный кабинет.



**Тест для самопроверки по результатам освоения дисциплины  
(компетенция ПК-6)**

**1. Какой из перечисленных формализмов обладает наименьшей выразительной мощностью:**

- А) сети Петри
- Б) машины Тьюринга
- В) конечные автоматы
- Г) магазинные автоматы

**2. Какой из перечисленных формализмов обладает наибольшей выразительной мощностью:**

- А) сети Петри
- Б) машины Тьюринга
- В) конечные автоматы
- Г) магазинные автоматы

**3. Какая из перечисленных конструкций программирования не может быть выражена при помощи конечных автоматов:**

- А) последовательное выполнение
- Б) недетерминированный выбор
- В) параллельное выполнение
- Г) цикл

**4. Ингибиторная дуга в расширенных сетях Петри позволяет моделировать:**

- А) проверку на ноль
- Б) обнуление
- В) недетерминированный выбор

**5. Какой из языков моделирования может быть транслирован в сети потоков работ (workflow-сети):**

- А) IDEF-диаграммы
- Б) UML (диаграммы активности)
- В) UML (диаграммы классов)

**6. Какие новые конструкции и возможности моделирования появляются в высокоуровневых сетях Петри (по сравнению с низкоуровневыми):**

- А) выражения на дугах
- Б) типы (цвета) маркеров (фишек)
- В) охранные функции на переходах
- Г) процедуры

**7. Укажите правильные варианты: граф сети Петри является**

- А) ациклическим
- Б) ориентированным
- В) двудольным
- Г) двоичным деревом

**8. Коэффициентами конечного мультимножества могут быть:**

- А) вещественные числа
- Б) строки
- В) натуральные числа или ноль

Г) целые числа

**9. Если в сети Петри при данной разметке одновременно активны два перехода, то:**

- А) срабатывает переход с наименьшим номером
- Б) не срабатывает ни один из них
- В) срабатывает любой из них

**10. Выберите все правильные варианты: если сеть Петри ограничена, то**

- А) число переходов не превосходит числа позиций
- Б) множество достижимых разметок конечно
- В) число маркеров (фишек) в любой позиции никогда не вырастет до бесконечности
- Г) граф сети планарен

**11. Сеть потоков работ (workflow-сеть) содержит:**

- А) один цикл
- Б) одну входную и одну выходную позицию
- В) одну компоненту связности
- Г) один переход

**12. Корректно построенная сеть потоков работ (workflow-сеть) называется:**

- А) правильной
- Б) плоской
- В) бездефектной
- Г) локальной

Вопрос №	Правильный ответ	Вопрос №	Правильный ответ
1	В	7	БВ
2	Б	8	В
3	В	9	В
4	А	10	БВ
5	Б	11	Б
6	АБВ	12	В