**Санкт-Петербургский государственный университет**

**Р А Б О Ч А Я П Р О Г Р А М М А**

**УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Теория байесовских сетей

Theory of Bayesian Networks

**Язык(и) обучения**

русский

Трудоемкость в зачетных единицах: 4

Регистрационный номер рабочей программы: 042877

**Раздел 1. Характеристики учебных занятий**

**1.1. Цели и задачи учебных занятий**

Обучение обучающихся методам теоретической информатики; развитие у обучающихся доказательного, логического мышления; подготовка к восприятию других дисциплин в области информатики и искусственного интеллекта; подготовка обучающихся к участию в проектировании и разработке информационных систем с байесовской интеллектуальной компонентой. Обучающиеся должны овладеть навыками применения объектов и результатов базовых теорий для описания и исследования объектов в теории байесовских сетей, а именно алгебраических байесовских сетей (АБС) и байесовских сетей доверия (БСД), а также овладеть системой понятий, результатов и алгоритмов, формирующих теорию указанных видов байесовских сетей. Кроме того, студенты должны подготовиться к изучению других видов вероятностных графических моделей: скрытых марковских моделей, динамических байесовских сетей, тропинчатых моделей, стохастических булевых сетей.

Поскольку в магистратуре обучается уже сформировавшийся профессионал с высшим образованием, цели, задачи, содержание дисциплины, формы взаимодействия и содержания контрольных мероприятий, а также иные аспекты учебной дисциплины и связанных с ней аспектов учебного процесса, включая содержание, процесс и формы аттестации по учебной дисциплине, могут по усмотрению преподавателя быть адаптированы в стремлении учесть частично или полностью индивидуальные цели и задачи подготовки в рамках магистерской программы каждого обучающегося и (или) группы/подгруппы обучающихся, а также индивидуальные и(или) групповые особенности обучающихся.

**1.2. Требования подготовленности обучающегося к освоению содержания учебных занятий (пререквизиты)**

Обучающийся должен иметь высшее образование в сфере математики и (или) информатики.

**1.3. Перечень результатов обучения (learning outcomes)**

В процессе изучения дисциплины «Теория байесовских сетей» обучаемые начинают формировать или приобретают следующие

Знания:

• комплекса релевантных элементов базовых теорий (теории вероятности и математической статистики, линейной алгебры, теории оптимизации, теории графов, вероятностной логики, интервальной математики);

• иерархии структур алгебраических байесовских сетей и байесовских сетей доверия как вероятностных графических моделей;

• системы видов вывода в указанных байесовских сетях (проверки и поддержания непротиворечивости, априорного вывода, апостериорного вывода и др.);

• системы алгоритмов, реализующих указанные виды вывода, а также свойств результатов вывода и объектов, использованных в разработке таких алгоритмов;

• подходов к автоматизации синтеза байесовских сетей (машинного обучения байесовских сетей);

• открытые вопросы теории байесовских сетей и родственных моделей.

Умения:

• применять байесовские сети для моделирования систем знаний знаний о предметной области;

• доказывать математические утверждения из теории байесовских сетей;

• проектировать комплексы программ и(или) их компоненты с интеллектуальной составляющей, основанной на использовании байесовских сетей.

Навыки:

• применения прикладных программных библиотек, реализующих операции и объекты, относящиеся к релевантным разделам базовых теорий;

• применения прикладных программных библиотек и(или)комплексов программ, реализующих представления байесовских сетей и алгоритмы их обработки, представленный в соответствующих теориях;

• взаимодействия с коллегами, работы в коллективе.

В результате изучения дисциплины обучающиеся должны глубоко разбираться в содержании дисциплины. Уметь ориентироваться в информационных источниках по проблематики байесовских сетей. Владеть способами применения теоретических знаний и изученных прикладных программных библиотек в проектировании и разработки комплексов программ.

**1.4. Перечень и объём активных и интерактивных форм учебных занятий**

В качестве активных форм обучения предполагается презентация докладов обучающихся, решение задач с последующим обсуждением аудитории, презентация программных проектов, в которых применяются байесовские сети или в которых реализуются изучаемые алгоритмы, разного масштаба. В качестве интерактивных форм обучения предлагаются дискуссии по изучаемому во время лекции материалу, обсуждение представленных в аудитории докладов и проектов, обмен мнениями по активным исследованиям в области байесовских сетей и родственных вероятностных графических моделей. Кроме того, в зависимости от подготовки учебной группы развивающие задания, проверочные и контрольные работы также могу выполняться в командной или проектной форме, что является еще одной интерактивной формой учебных занятий. При высоком уровне подготовки ученой группы, обеспеченностью учебником и учебными пособиями, а также доступом к отечественным и зарубежным коллекциям полных текстов научных публикаций по тематике дисциплины по усмотрению преподавателя активная и (или) интерактивная форма может быть выбрана для любого занятия по дисциплине, в том числе по всем предусмотренным аудиторным (или контактным) занятиям. Общий объем — 10 часов или более.

**Раздел 2. Организация, структура и содержание учебных занятий**

**2.1. Организация учебных занятий**

**2.1.1 Основной курс**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Трудоёмкость, объёмы учебной работы и наполняемость групп обучающихся | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Код модуля в составе дисциплины,  практики и т.п. | Контактная работа обучающихся с преподавателем | | | | | | | | | | | | Самостоятельная работа | | | | Объём активных и интерактивных  форм учебных занятий | Трудоёмкость |
| лекции | семинары | консультации | практические  занятия | лабораторные работы | контрольные работы | коллоквиумы | текущий контроль | промежуточная  аттестация | итоговая аттестация | под руководством преподавателя | в присутствии  преподавателя | сам. раб. с использованием  методических материалов | текущий контроль (сам.раб.) | промежуточная аттестация (сам.раб.) | итоговая аттестация  (сам.раб.) |
| ОСНОВНАЯ ТРАЕКТОРИЯ | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Форма обучения: очная | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Семестр 1 | 30 |  | 2 | 15 |  |  |  |  | 2 |  |  |  | 58 |  | 37 |  | 10 | 4 |
|  | 1-8 |  | 1-8 | 1-8 |  |  |  |  | 1-8 |  |  |  | 1-1 |  | 1-1 |  |  |  |
| ИТОГО | 30 |  | 2 | 15 |  |  |  |  | 2 |  |  |  | 58 |  | 37 |  |  | 4 |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Виды, формы и сроки текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации | | | | | | |
| Код модуля в составе дисциплины, практики и т.п. | Формы текущего контроля успеваемости | | Виды промежуточной аттестации | | Виды итоговой аттестации  (только для программ итоговой аттестации и дополнительных образовательных программ) | |
| Формы | Сроки | Виды | Сроки | Виды | Сроки |
| ОСНОВНАЯ ТРАЕКТОРИЯ | | | | | | |
| Форма обучения: очная | | | | | | |
| Семестр 1 |  |  | экзамен, устно, традиционная форма | по графику промежуточной аттестации |  |  |

**2.2. Структура и содержание учебных занятий**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **№ п.п.** | **Наименование темы (раздела, части)** | **Вид учебных занятий** | **Кол-во часов** |
| 1 | Элементы базовых теорий | лекции | 4 |
| практические занятия | 2 |
| по методическим материалам | 8 |
| 2 | Фрагмент знаний алгебраических байесовских сетей. Локальные алгоритмы вывода. | лекции | 6 |
| практические занятия | 2 |
| по методическим материалам | 10 |
| 3 | Алгебраические байесовские сети. Глобальные алгоритмы вывода. | лекции | 6 |
| практические занятия | 3 |
| по методическим материалам | 10 |
| 4 | Байесовские сети доверия. Алгоритмы их обработки. | лекции | 4 |
| практические занятия | 4 |
| по методическим материалам | 10 |
| 5 | Проблемы машинного обучения байесовских сетей. | лекции | 6 |
| практические занятия | 2 |
| по методическим материалам | 10 |
| 6 | Прикладные программные библиотеки | лекции | 4 |
| практические занятия | 2 |
| по методическим материалам | 10 |
| 7 | Промежуточная аттестация | самостоятельная работа | 37 |
| консультации | 2 |
| экзамен | 2 |
| Итого | | | 144 |

В зависимости от степени подготовленности группы, индивидуальных или групповых потребностей обучающихся состав и содержание тем, а также распределение часов между темами, видами и формами учебных занятий могут быть модифицированы частично или полностью по усмотрению преподавателя.

**Раздел 3. Обеспечение учебных занятий**

**3.1. Методическое обеспечение**

**3.1.1 Методические указания по освоению дисциплины**

Успешное освоение дисциплины возможно благодаря посещению лекций и практических занятий и (или) участию в иных формах контактной работы по выбору преподавателя, а также участию в обсуждении рассматриваемых вопросов, самостоятельной работе, включающей в себя чтение специальной литературы и анализ других информационных источников по разделам темы, выполнению докладов на заданную тему, применению изученных навыков на практических занятиях. В результате должен быть представлен индивидуально согласованный результат освоения дисциплины (комплекс презентаций, документов, файлов, программных и (или) теоретических разработок, иных свидетельств учебных и профессиональных достижений). Учитывая динамику развития соответствующих научных, научно-технических и производственных областей, учебно-методический комплекс по дисциплине должен регулярно (ежегодно или чаще) развиваться, обновляться, пополняться и адаптироваться, в том числе, должен быть обеспечен учебником по теоретическим основам дисциплины, а также учебными пособиями по аспектам, разделам дисциплины или их частям; кроме того, должны быть сформированы самостоятельные учебные или учебно-методически пособия с заданиями, задачами, упражнениями, темами проектов и иным обеспечением семинарских и практических занятий, практик, проектов и научно-исследовательской и выпускной квалификационной видов работ.

**3.1.2 Методическое обеспечение самостоятельной работы**

Самостоятельная работа обучающегося, как вид деятельности, стимулирующий активность, самостоятельность, познавательный интерес с целью поиска необходимой информации, приобретения знаний, использования этих знаний для решения учебных, научных и профессиональных задач, представляет собой важную составляющую учебного процесса. Время, отводимое на самостоятельную работу, должно использоваться студентами для наиболее полного освоения учебной дисциплины. Следовательно, организация эффективной внеаудиторной самостоятельной работы в процессе обучения требует, с одной стороны, создание условий, призванных обеспечить рациональное и планомерное управление учебной деятельностью, протекающей в отсутствие преподавателя, и тщательной подготовки учебника и целого ряда учебных пособий, снабженных методическими указаниями, с другой стороны.

Роль преподавателя в организации самостоятельной работы состоит в координации действий обучающихся в освоении дисциплины, в методическом и организационном обеспечении учебного процесса. Взаимодействие между преподавателем и обучающимся осуществляется в форме консультаций, как очных, так и дистанционных с использованием современных социальных сетей для организации самостоятельной работы обучающихся. Преподаватели также оказывают помощь обучающимся по планированию и организации самостоятельной работы.

**3.1.3 Методика проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации и критерии оценивания**

Текущий контроль осуществляется в процессе практических работ обучающегося. В течение семестра обучающийся должен выполнить указания преподавателя по различным видам работы и подготовке к экзаменам.

**3.1.4 Методические материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации (контрольно-измерительные материалы, оценочные средства)**

Общая аттестация – экзамен в конце курса. Экзамен может проводится на основе анализа текущей активности и успеваемости обучающегося во время семестра, и(или) по представленным результатам, и (или) ответов на вопросы во время собеседования. Преподаватель в зависимости от уровня группы может воспользоваться балльно-рейтинговым подходом, представив принципы формирования оценки в течение первой трети семестра. Кроме того, аттестация может быть проведена по анализу выполнения согласованного меду преподавателем и обучающимся индивидуального плана. Наконец, содержание, процесс и формы аттестации по учебной дисциплине могут по усмотрению преподавателя быть адаптированы в стремлении учесть частично или полностью индивидуальные цели и задачи подготовки в рамках магистерской программы каждого обучающегося и (или) группы/подгруппы обучающихся, а также индивидуальные и(или) групповые особенности обучающихся.

Примерный список вопросов к экзамену.

Список вопросов может быть модифицирован частично или полностью в зависимости от подготовленности группы, индивидуальных целей и задач подготовки в рамках магистерской программы каждого обучающегося и (или) группы/подгруппы обучающихся, а также индивидуальных и(или) групповых особенностей обучающихся.

* + - 1. Декомпозируемость системы знаний. Фрагменты знаний. Базы фрагменты знаний. Математические модели фрагментов знаний. Математические модели баз фрагментов знаний. Вероятностные графические модели, логико-вероятностные графические модели. Задачи логико-вероятностного вывода и задачи автоматического обучения.
      2. Пропозиции-атомы, пропозиции-кванты, пропозиции-конъюнкты, пропозиции-дизъюнкты. Индексация указанных классов пропозиций. Идеал конъюнктов, идеал дизъюнктов. Литерал (аргументное место). Теорема о совершенной нормальной дизъюнктивной форме. Факторизация пространства пропозициональных формул по отношению эквивалентности. Канонический представитель класса эквивалентности.
      3. Элементы классической теории вероятностей. Вероятностное пространство, конечное пространство исходов. Алгебра событий, база алгебры событий, дискретная плотность вероятности. Вероятность. Алгебра событий — булева алгебра. Смесь распределений. Формула Мёбиуса. Неизмеримые события, внутренняя мера вероятности и внешняя мера вероятности. Условная вероятность. Независимость и условная независимость. Теорема Байеса. Формула полной вероятности.
      4. Определение вероятности истинности пропозициональной формулы с помощью возможных миров.
      5. Упрощенная структура вероятностной логики по Н. Нильссону.
      6. Структура вероятностной логики по Хальперну, Фейгину и Меджидо.
      7. Случайный бинарный (булев) элемент. Случайная бинарная (булева) последовательность. Композиция распределений случайных бинарных последовательностей. Неединственность композиции. Операция композиции и условная независимость.
      8. Меры доверия. Вероятность истинности как мера доверия. Интервальные оценки меры доверия.
      9. Прямое произведений и степень матриц. Определение матриц **I***n* и **J***n*, их свойства и взаимосвязь.
      10. Задачи линейного и гиперболического программирования (определение, основные элементы). Библиотеки для решения задач линейного программирования.
      11. Граф. Дерево. Цепь. Основные семейства узлов графа. Граф смежности, дерево смежности, цепь смежности. Максимальный и минимальный граф смежности, их свойства. Дерево клик. Дерево сочленений.
      12. Построение максимального графа смежности. Алгоритмы перебора минимальных графов смежности. Визуализация графов смежности. Метрики на минимальных графах смежности.
      13. Направленный граф. Ациклический направленный граф. Виды односвязных направленных графов; многосвязные ациклические направленные граф. Моральный граф. Триангуляция морального графа. Построение по моральному графу дерева смежности и дерева сочленений.
      14. Библиотека JGraph (можно охарактеризовать любую другую обладающую достаточными возможностями бесплатно доступную библиотеку, реализующую представление графов, их визуализацию и операции над ними).
      15. Представление в программном коде идеалов конъюнктов и наборов квантов. Представление дерева смежности в реляционной базе данных.
      16. Представление в реляционной базе данных идеалов конъюнктов и наборов квантов с атрибутами. Представление дерева смежности в программном коде.
      17. Фрагмент знаний алгебраической байесовской сети. Определение и возможные операции. Скалярные и интервальные оценки вероятности истинности. Диаграммы Хассе и сокращенные обозначения. Альтернативные математические модели фрагментов знаний.
      18. Непротиворечивость фрагмента знаний алгебраической байесовской сети. Связь вероятностей квантов и конъюнктов, соответствующие матрично-векторные уравнения. Алгоритмы проверки и поддержания его непротиворечивости. Согласованность (непротиворечивость), согласуемость, несогласованность (противоречивость) исходных оценок истинности. Вероятностная семантика фрагмента знаний.
      19. Виды свидетельств в теории алгебраических байесовских сетей и их обработка. Вероятностная семантика свидетельства в теории алгебраических байесовских сетей.
      20. Линейная комбинация непротиворечивых фрагментов знаний. Линейная оболочка непротиворечивых фрагментов знаний. Линейные комбинация и оболочка в задачах поддержки принятия решений. Накрывающая непротиворечивость, неединственность линейной оболочки противоречивых фрагментов знаний.
      21. Локальный априорный вывод в теории алгебраических байесовских сетей и чувствительность его результатов. Соответствующие матрично-векторные уравнения. Расширенный фрагмент знаний. Алгоритм построения СДНФ пропозициональной формулы по ее записи в виде строки.
      22. Непротиворечивость и локальный априорный вывод в альтернативных моделях фрагмента знаний, где носителем выступает идеал дизъюнктов и набор квантов. Соответствующие матрично-векторные уравнения.
      23. Две задачи апостериорного вывода в теории алгебраических байесовских сетей. Вид свидетельств и результаты апостериорно вывода. Вероятностная семантика апостериорного вывода в случае детерминированного свидетельства, поступающего во фрагмент знаний со скалярными оценками истинности. Особые случаи.
      24. Локальный апостериорный вывод в случае детерминированного свидетельства: матрично-векторные уравнения и алгоритмы.
      25. Локальный апостериорный вывод в случае стохастического свидетельства: матрично-векторные уравнения и алгоритмы.
      26. Локальный апостериорный вывод в случае неточного свидетельства: матрично-векторные уравнения и алгоритмы.
      27. Алгоритм распространения виртуального свидетельства при исходном стохастическом свидетельстве и скалярных априорных оценках в алгебраической байесовской сети. Вероятностная семантика этого алгоритма.
      28. Алгоритм распространения виртуального свидетельства при исходном неточном свидетельстве и интервальных априорных оценках в алгебраической байесовской сети. Вероятностная семантика этого алгоритма (получение накрывающих, а не точных оценок).
      29. Структура алгебраической байесовской сети и апостериорный вывод.
      30. Вероятностная семантика циклов смежности в алгебраических байесовских сетях. Преобразование циклов смежности. Проверка непротиворечивости и другие виды логико-вероятностного вывода в циклах смежности.
      31. Степени непротиворечивости алгебраической байесовской сети. Степени непротиворечивости и структура алгебраической байесовской сети. Алгоритмы проверки и поддержания алгебраической байесовской сети.
      32. Ациклические алгебраические байесовские сети: особенности структуры, вероятностной семантики и алгоритмов логико-вероятностного вывода.
      33. Глобальный априорный вывод в ациклической алгебраической байесовской сети со скалярными априорными оценками и глобальный апостериорный вывод с детерминированными свидетельствами — взаимосвязь алгоритмов указанных видов логико-вероятностного вывода.
      34. Непротиворечивость результатов локального апостериорного вывода. Возможности сокращения расчетов в локальном апостериорном выводе при поступлении детерминированного свидетельства. Согласованность результатов апостериорного вывода в цепи смежности из двух фрагментов знаний со скалярными априорными оценками при поступлении либо детерминированного, либо стохастического свидетельства в один из них.
      35. Байесовская сеть доверия: два определения, их эквивалентность, вероятностная семантика сети. Случайные бинарные (булевы) элементы, случайные бинарные (булевы) последовательности, случайные многозначные элементы, случайные многозначные последовательности в узлах байесовской сети доверия.
      36. Различные виды структуры байесовских сетей доверия. Преобразование байесовской сети доверия в дерево смежности. Марковская эквивалентность в байесовских сетях доверия.
      37. Семантически эквивалентный образ байесовской сети доверия (со структурой цепи, дерева и полидерева) в виде алгебраической байесовской сети.
      38. Семантически эквивалентный образ байесовской сети доверия (с многосвязной структурой) в виде алгебраической байесовской сети.
      39. Алгоритм первичной пропагации в байесовской сети доверия (со структурой цепи, дерева и полидерева).
      40. Алгоритм первичной пропагации в байесовской сети доверия (с многосвязной структурой)
      41. Компаративный анализ вероятностной семантики ациклических алгебраических байесовских сетей и байесовских сетей доверия.
      42. Направленный цикл в байесовской сети доверия. Алгоритмы его преобразования. Несущестование БСД-исчисления, допускающего обработку направленного цикла при сохранении классической вероятностной семантики байесовской сети доверия. Примеры.
      43. Компаративный анализ вероятностной семантики направленного цикла в байесовской сети доверия и цикла смежности в алгебраической байесовской сети. Алгоритмы проверки непротиворечивости указных объектов.
      44. Вероятностная семантика линейных и циклических паттернов в байесовских сетях.
      45. Различные алгоритмы генерации случайных бинарных последовательностей в алгебраических байесовских сетях и байесовских сетях доверия. Сэмплирование (генерация выборок) по Гиббсу. Стохастические алгоритмы логико-вероятностного вывода в байесовских сетях доверия. Связь этих алгоритмов с выводом в марковских сетях и стохастических булевских сетях.
      46. Задачи автоматического обучения в вероятностных графических моделях: общая характеристика, постановка и примеры.
      47. Сопряженные распределения (бета-распределение и распределение Дирихле) в задаче локального автоматического обучения байесовских сетей доверия и алгебраических байесовских сетей.
      48. Обучение локальной структуры в байесовских сетях доверия.
      49. Обучение глобальной структуры в байесовских сетях доверия.
      50. Обучение глобальной структуры в алгебраических байесовских сетях. Перебор минимальных графов смежности. Особенности соответствующих алгоритмов и результатов.
      51. Алгебраические байесовские сети в синтезе непротиворечивых баз фрагментов знаний по неполным, неточным, нечисловым данным.
      52. Тропинчатые модели (path models).
      53. Принципы Райхенбаха. Типы причинно-следственных связей.
      54. Подход Райта к причинно-следственным моделям, принципы декомпозиции Райта.
      55. Примеры приложений байесовских сетей и других вероятностных и логико-вероятностных графических моделей.
      56. Марковские модели, модель Изинга. Сэмплирование (генерация выборки) по Гиббсу.
      57. Стохастические булевы сети; булевы сети и клеточные автоматы. Индексация одномерных клеточных автоматов.
      58. Принцип условной независимости в байесовских сетях.
      59. Определение потенциала и операции над потенциалами. Потенциалы, условная вероятность и совместная вероятность. Операция маргинализации. Маргинализация и композиция распределений случайных бинарных последовательностей.
      60. Сложность перебора структур при автоматическом обучении байесовских сетей доверия. Функционалы, оптимум которых ищется при решении задач автоматического обучения байесовских сетей доверия.

**3.1.5 Методические материалы для оценки обучающимися содержания и качества учебного процесса**

Оценка обучающимися содержания и качества учебного процесса по дисциплине осуществляется в установленном в СПбГУ порядке.

**3.2. Кадровое обеспечение**

**3.2.1 Образование и (или) квалификация штатных преподавателей и иных лиц, допущенных к проведению учебных занятий**

К преподаванию дисциплины могут быть допущены преподаватели, имеющие диплом о высшем образовании по соответствующему направлению и либо прошедшие обучение в аспирантуре не менее года, либо имеющие ученую степень.

**3.2.2 Обеспечение учебно-вспомогательным и (или) иным персоналом**

В связи с интенсивностью и объемом материала курса, необходимостью его адаптации при каждой реализации, значительного объема интерактивных занятий к подготовке и проведению занятий по дисциплине необходимо привлекать обучающихся, проходящих различные формы педагогической и производственной практик, а также двух или более ассистентов (или сотрудников, занимающих более высокую должность) либо аспирантов, специализирующихся в соответствующих отраслях науки. Рекомендуется привлекать в взаимодействию со обучающимися сотрудников научных институтов или специалистов из бизнеса, индустрии, иных сфер деятельности, имеющих практический опыт, релевантный тематике дисциплины.

**3.3. Материально-техническое обеспечение**

**3.3.1 Характеристики аудиторий (помещений, мест) для проведения занятий**

Стандартно оборудованные компьютерные аудитории для проведения практических занятий и интерактивных семинаров: видеопроектор, экран, др. оборудование.

**3.3.2 Характеристики аудиторного оборудования, в том числе неспециализированного компьютерного оборудования и программного обеспечения общего пользования**

Определяется преподавателем индивидуально в зависимости от развития программного обеспечения на момент подготовки к чтению дисциплины в очередном семестре.

**3.3.3 Характеристики специализированного оборудования**

Специальных требований, которые можно установить на длительный срок, не имеется.

**3.3.4 Характеристики специализированного программного обеспечения**

Специальных требований, которые можно установить на длительный срок, не имеется. Могут определяться преподавателем индивидуально в зависимости от развития программного обеспечения на момент подготовки к чтению дисциплины в очередном семестре или во время семестра

**3.3.5 Перечень и объёмы требуемых расходных материалов**

Специальных требований нет.

**3.4. Информационное обеспечение**

**3.4.1 Список обязательной литературы**

1. Тулупьев А. Л., Николенко С. И., Сироткин А. В. Байесовские сети: логико-вероятностный подход. СПб.: Наука, 2006. 607 с.

2. Тулупьев А.Л. Алгебраические байесовские сети: локальный логико-вероятностный вывод: Учеб. пособие. СПб.: СПбГУ; ООО Издательство «Анатолия», 2007. 80 с. (Сер. Элементы мягких вычислений).

3. Тулупьев А.Л. Алгебраические байесовские сети: глобальный логико-вероятностный вывод в деревьях смежности: Учеб. пособие. СПб.: СПбГУ; ООО Издательство «Анатолия», 2007. 40 с. (Сер. Элементы мягких вычислений).

4. Тулупьев А. Л. Байесовские сети: логико-вероятностный вывод в циклах. СПб.: Изд-во С.-Петербургского ун-та, 2008. 140 с. (Элементы мягких вычислений.)

5. Тулупьев А. Л., Сироткин А. В., Николенко С. И. Байесовские сети доверия: логико-вероятностный вывод в ациклических направленных графах. СПб.: Изд-во С.-Петербургского ун-та, 2009. 400 c.

**3.4.2 Список дополнительной литературы**

1. Николенко С. И., Тулупьев А. Л. Самообучающиеся системы. М.: МНЦМО, 2009. 288 с. ЭР открытого доступа в сети интернет: <https://www.twirpx.com/file/2039688/>.

2. Тулупьев А. Л. Преобразование ациклических байесовских сетей доверия в алгебраические байесовские сети//Известия высших учебных заведений: Приборостроение. - 2009. - №3. - С. 21–23. – ЭР по подписке СПбГУ: <https://proxy.library.spbu.ru:2133/scholar?cluster=15033595954997252940&hl=ru&as_sdt=0,5>

3. Тулупьев А. Л., Сироткин А. В., Николенко С. И. Байесовские сети доверия: логико-вероятностный вывод в ациклических направленных графах. СПб.: Изд-во С.-Петербургского ун-та, 2009. 400 c.

4. Тулупьев А. Л. Непротиворечивость оценок вероятностей в идеалах конъюнктов и дизъюнктов// Вестник СПбГУ. Сер. 10. - 2009. - Вып. 2. - С. 121–131. Мм – 2 экз.; Пм – 2 экз. ЭР по подписке СПбГУ.

5. Тулупьев А. Л. Преобразование ациклических байесовских сетей доверия в алгебраические байесовские сети. Известия высших учебных заведений: Приборостроение. 2009. №3. С. 21–23.

6. Тулупьев А. Л. Непротиворечивость оценок вероятностей в идеалах конъюнктов и дизъюнктов. Вестник СПбГУ. Сер. 10. 2009. Вып. 2. С. 121–131.

7. Тулупьев А. Л. Алгебраические байесовские сети: система операций локального логико-вероятностного вывода // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2009. №4.

8. Тулупьев А. Л. Задача локального автоматического обучения в алгебраических байесовских сетях: логико-вероятностный подход // Труды СПИИРАН. 2008. Вып. 7. СПб.: Наука, 2008. С. 11–25. – ЭР по подписке СПбГУ: <http://www.mathnet.ru/php/archive.phtml?wshow=paper&jrnid=trspy&paperid=339&option_lang=rus>.

9. Heckerman D., Chickering D., Meek C., Rounthwaite R., Kadie C. Dependency Networks for Inference, Collaborative Filtering, and Data Visualization // Journal of Machine Learning Research. 2000. №1. P. 49–75. Also appears as Technical Report MSR-TR-00-16, Microsoft Research, February, 2000. - ЭР по подписке СПбГУ: <http://www.jmlr.org/papers/v1/heckerman00a.html>.

10. Jensen F. V. Bayesian Networks and Decision Graphs. NY.: Springer-Verlag, 2001. 268 p. – ЭР по подписке СПбГУ: https://find.library.spbu.ru/vufind/Record/978-0-387-68282-2

**3.4.3 Перечень иных информационных источников**

1. www.auai.org – ЭР открытого доступа в сети Интернет.

**ПРИЛОЖЕНИЕ 1**

Часть программы по дисциплине «Теория байесовских сетей» была разработана согласно техническому заданию к госконтракту № 02.442.11.7289 от 28.06.2006 на выполнение НИР «Направленные циклы в байесовских сетях доверия: вероятностная семантика и алгоритмы логико-вероятностного вывода для программных комплексов с байесовской интеллектуальной компонентой» в рамках ФЦНТП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития науки и техники». Программа дисциплины в существенной степени опирается также на результаты, полученные на основе собственных инициативных проектов и в рамках фундаментальных исследований, проводимых на базе Санкт-Петербургского института информатики и автоматизации Российской академии наук, а также на результатах исследований, часть которых была получена, улучшена, развита и (или) обрела текстовое представление в рамках проектов, поддержанных грантами РФФИ № 09-01-00861-а «Методология построения интеллектуальных систем поддержки принятия решений на основе баз фрагментов знаний с вероятностной неопределенностью», № 12-01-00945-а «Развитие теории алгебраических байесовских сетей и родственных им логико-вероятностных графических моделей систем знаний с неопределенностью», № 15-01-09001-а «Комбинированный логико-вероятностный графический подход к представлению и обработке систем знаний с неопределенностью: алгебраические байесовские сети и родственные модели», 06-01-14108-д «Издание монографии “Байесовские сети: логико-вероятностный подход”'»— руководитель А.Л. Тулупьев, № 14-01-00580-а «Гибридные методы, модели и алгоритмы анализа и синтеза оценок параметров латентных процессов в сложных социальных системах при информационном дефиците» — исп. А.Л. Тулупьев, Т.В. Тулупьева, рук. Д.В. Степанов.

**Раздел 4. Разработчики программы**

Тулупьев Александр Львович, профессор кафедры информатики математико-механического факультета СПбГУ, д.ф.-м.н. alexander.tulupyev@gmail.com, +7 931 288-31-77.

Тулупьева Татьяна Валентиновна, доцент кафедры информатики математико-механического факультета СПбГУ, к.пс.н.

Харитонов Никита Алексеевич, младший научный сотрудник лаборатории теоретических и междисциплинарных проблем информатики СПИИРАН.