

Приложение № 1 / Appendix No. 1

УТВЕРЖДЕНО / APPROVED

Приказом ректора Сколковского  
института науки и технологий  
от «16» 12 2020 №854

Order of the President of the Skolkovo  
Institute of Science and Technology  
dated 16.12., 2020 No854

## **Положение об основных образовательных программах**

## **Policy on Graduate Educational Programs**

## **Оглавление / Content**

Термины и определения / Terms and Definitions.....	3
1. Общие положения / General Provisions.....	6
2. Структура ООП / Educational Program Structure.....	7
3. Организация учебного процесса / Organization of the Educational Process .....	10
4. Разработка и утверждение ООП / Educational Program Development and Approval.....	12
5. Оценка качества ООП / Quality Assessment of Educational programs .....	16
6. Управление ООП / Governance of Educational Programs.....	17
Приложение 1. Система результатов обучения / Appendix 1. Learning Outcomes Framework.....	20
Приложение 2. Пример академического календаря / Appendix 2. Academic Calendar .....	21
Приложение 3. Пример учебного плана магистратуры / Appendix 3. MSc Curriculum .....	22
Приложение 4. Регламент регистрации на курсы / Appendix 4. Registration Rules.....	24
Приложение 5. Пример рабочей программы дисциплины / Appendix 5. Course Syllabus .....	28

## Термины и определения

## Terms and Definitions

**Сколтех, Институт** – Сколковский институт науки и технологий.

**Skoltech, Institute** – Skolkovo Institute of Science and Technology.

**Обучающиеся** – студенты магистратуры и аспиранты Института.

**Students** – the Institute's MSc and PhD students.

**Студент магистратуры** – лицо, в установленном порядке зачисленное для прохождения обучения по программе магистратуры.

**MSc student** – a person duly enrolled in a Master of Science program.

**Аспирант** – лицо, в установленном порядке зачисленное для прохождения обучения в аспирантуре.

**PhD student** – a person duly enrolled in a Doctoral program.

**ОП** – основная образовательная программа высшего образования, программа магистратуры или программа подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре, реализуемая в Институте.

**Educational Program** – graduate program at the MSc or PhD level implemented in the Institute.

**Учебный элемент** – элемент учебного плана образовательной программы, например, дисциплина, производственная или иная практика, научно-исследовательский или инновационный проект, Мастерская инноваций, научно-исследовательский семинар, защита выпускной квалификационной работы и др.

**Curriculum element** – an element of an educational program, e.g. a course, industrial immersion or other type of practice, research or innovation project, Innovation Workshop, research seminar, thesis defense, etc.

**Индивидуальный учебный план** – план учебной деятельности обучающегося, обеспечивающий освоение образовательной программы на основе индивидуализации ее содержания с учетом особенностей и образовательных потребностей конкретного обучающегося.

**Individual study plan** – a plan of educational activities for a student which provides the development of an educational program based on the individualization of its content taking into consideration the characteristics and educational needs of a particular student.

**ГИА** – государственная итоговая аттестация.

**SFA** – State Final Attestation.

**ФГОС ВО** – федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования.

**FSES** – Federal state educational standard in higher education.

**ЭИОС** – электронная информационно-образовательная среда.

**Information System** – general term to describe all electronic information systems used by the Institute.

**Положение** – Положение об основных образовательных программах.

**Policy** – Policy on Graduate Educational Programs.

Настоящее положение определяет порядок организации и осуществления образовательной деятельности по основным образовательным программам высшего образования (программам магистратуры и аспирантуры), реализуемым в Сколковском институте науки и технологий, в части разработки, утверждения, модернизации и закрытия основных образовательных программ, а также управления основными образовательными программами.

Положение является неотъемлемой составной частью системы локальных нормативных актов Сколтеха об образовательной деятельности.

Положение разработано на основании следующих нормативных правовых актов:

- Федеральный закон от 29 декабря 2012 года № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»;
- Федеральный закон от 28 сентября 2010 года № 244-ФЗ «Об инновационном центре «Сколково»;
- Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации от 05 апреля 2017 года № 301 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования — программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры»;
- Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации России от 19 ноября 2013 года № 1259 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре)»;

The Policy defines the procedure for the organization and implementation of graduate educational programs of higher education (MSc and PhD programs) at the Skolkovo Institute of Science and Technology, in terms of designing, developing, approving, revising and terminating graduate educational programs, as well as the governance and management of them.

The Policy is an integral part of the system of Skoltech policies regarding educational activities.

The Policy has been developed on the basis of the following regulatory legal acts:

- Federal Law №273-FZ “On Education in the Russian Federation” dated 29.12.12;
- Federal Law № 244-FZ “On the Skolkovo Innovation Center” dated 28.09.10;
- Order of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation № 301 “On Approving the Procedure for Organizing and Implementing Educational Activities under Higher Education Programs — Bachelor's Programs, Specialist's Programs, Master's Programs” dated 05.04.17;
- Order of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation № 1259 “On Approving the Procedure for Organizing and Implementing Educational Activities under Higher Education Programs – Programs for Training Academic and Teaching Personnel under Postgraduate (Adjunct) Programs” dated 19.11.13;
- Federal state educational standards in higher education;
- Skoltech Charter.

- Федеральные государственные образовательные стандарты высшего образования;
- Устав Сколтеха.

## **1. Общие положения**

- 1.1. Сколтех реализует основные образовательные программы высшего образования (программы магистратуры и аспирантуры) на основе лицензии на осуществление образовательной деятельности по соответствующему направлению подготовки и/или разрешения на осуществление образовательной деятельности, полученного на основании Федерального закона "Об инновационном центре "Сколково" (далее – разрешение).
- 1.2. Обучение проводится на английском языке в очной форме.
- 1.3. Нормативный срок получения образования по программам магистратуры – 2 года.
- 1.4. К освоению программы магистратуры допускаются лица любого возраста, имеющие высшее образование (степень бакалавра и выше) и прошедшие конкурсный отбор на программу в соответствии с правилами приема, утвержденными Сколтехом.
- 1.5. Степень «магистр» по соответствующему направлению подготовки с выдачей диплома государственного образца присваивается обучающимся, успешно освоившим ООП и прошедшим ГИА по программе магистратуры, имеющей государственную аккредитацию. Дополнительно выпускники Сколтеха получают Европейское приложение к диплому (European Diploma Supplement) на английском языке, оформленное в соответствии с рекомендациями Болонского соглашения.

## **1. General Provisions**

- 1.1. Skoltech implements graduate educational programs of higher education (MSc and PhD programs) on the basis of a license to carry out educational activity in the relevant field of study and/or a permit to carry out educational activity obtained on the basis of the Federal Law “On the Skolkovo Innovation Center” (hereinafter referred to as the “permit”).
- 1.2. The education process is a full-time study conducted in English.
- 1.3. Duration of MSc programs is 2 years.
- 1.4. Persons of any age who hold a bachelor’s degree and have passed the competitive selection for an MSc program in accordance with the admission requirements approved by Skoltech are allowed to study in the MSc program.
- 1.5. A Master's degree in the relevant field of study with the issuance of a state diploma is given to those students who have successfully mastered the educational program and passed the SFA under the MSc program that has state accreditation. Additionally, Skoltech graduates also receive a European Diploma Supplement in English, designed in accordance with the recommendations stipulated in the Bologna agreement.  
In the absence of state accreditation of a program students are awarded Skoltech Master's degree.

В случае отсутствия государственной аккредитации программы обучающимся присваивается степень магистра Сколтеха.

- 1.6. Нормативный срок получения образования по программам аспирантуры – 4 года.
- 1.7. К освоению программы аспирантуры допускаются лица любого возраста, имеющие образование не ниже уровня магистратуры или специалитета и прошедшие конкурсный отбор на программу в соответствии с правилами приема, утвержденными Сколтехом.
- 1.8. По результатам освоения программы аспирантуры, имеющей государственную аккредитацию, выпускникам, успешно прошедшим ГИА, присваивается квалификация «Исследователь. Преподаватель-исследователь» с вручением диплома государственного образца.
- 1.9. По итогам успешной защиты диссертации на соискание ученой степени Сколковского института науки и технологий присуждается ученая степень Doctor of Philosophy (PhD).
- 1.10. Выпускники Сколтеха должны освоить и эффективно применять знания соответствующей предметной области; навыки критического мышления, убеждений и ценностей; навыки общения и сотрудничества; лидерские качества для разработки инновационных решений и должны соответствовать требованиям Системы результатов обучения в Сколтехе (Приложение 1).
- 1.6. Duration of PhD programs is 4 years.
- 1.7. Persons of any age who hold a degree at least at the Masters level or hold a specialist degree and have passed the competitive selection for the program in accordance with the admission requirements approved by Skoltech are allowed to study in the PhD program.
- 1.8. According to the results of completing the state-accredited PhD program the graduates who have successfully passed the SFA are awarded the qualification of “Researcher. Teacher-Researcher” along with the state-issued diploma.
- 1.9. Doctor of Philosophy degree (PhD degree) is awarded upon successful thesis defense.
- 1.10. Skoltech graduates are expected: to master and effectively apply their knowledge of the relevant subject areas; to possess critical thinking skills and abide by values of academic and personal integrity; to possess communication and collaboration skills; to demonstrate leadership skills to develop innovative solutions; and to meet the requirements of the Skoltech Learning Outcomes Framework (Appendix 1).

## 2. Структура ООП

- 2.1. Все основные образовательные программы высшего образования, реализуемые в Институте, имеют унифицированную структуру, состоящую

## 2. Educational Program Structure

- 2.1. All the graduate educational programs implemented at the Institute have a unified structure consisting of five streams aimed at the development of students' specific

из пяти модулей, каждый из которых нацелен на освоение обучающимися определенных компетенций, установленных Системой результатов обучения в Сколтехе.

- 2.2. Трудоемкость программы магистратуры – 120 з.е. Структура программы магистратуры состоит из следующих модулей:

**Модуль 1. Наука, техника и технологии** (36 з.е.) включает обязательную и вариативную части, в том числе: дисциплины и междисциплинарные курсы для изучения научных и инженерных основ, соответствующих области, объектам и видам профессиональной деятельности выпускников.

**Модуль 2. Отрасль** (12 з.е.) относится к обязательной части и включает практику по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности (производственную практику).

**Модуль 3. Инновации и предпринимательство** (12 з.е.) включает Мастерскую инноваций (обязательная часть) и дисциплины, относящиеся к вариативной части. Целью Модуля 3 является изучение полного инновационного цикла производства продукции – от определения потребностей и оценки возможностей их удовлетворения до эксплуатации с достижением экономического и других эффектов, а также получение начального опыта инновационной деятельности и приобретение соответствующих навыков.

**Модуль 4. Научно-исследовательская работа и выпускная квалификационная работа** (36 з.е.) относится к обязательной части и включает научно-исследовательскую работу, учебную практику, преддипломную практику, выполнение и защиту ВКР с целью консолидации всех полученных результатов обучения: приобретенных

competencies established by the Learning Outcomes Framework at Skoltech.

- 2.2. The workload of the MSc program is 120 credits. The structure of the MSc program consists of the following streams:

**Stream 1. Science, Technology and Engineering** (36 credits) includes compulsory and elective parts, including: disciplinary and interdisciplinary courses targeting scientific and engineering fundamentals corresponding to the field and prospective professional activities of graduates.

**Stream 2. Sector** (12 credits) is a compulsory part and includes practical projects for obtaining skills and experience in the corresponding professional area (industrial immersion).

**Stream 3. Entrepreneurship and Innovation** (12 credits) includes the Innovation Workshop (compulsory) and subjects related to the elective part. The purpose of Stream 3 is to study the full innovation cycle of a product development - from identifying the needs and assessing the options necessary to meet them, to carrying out operations with economic and other benefits, and to gaining an early experience in innovation and acquisition of relevant skills.

**Stream 4. Research and MSc Thesis Project** (36 credits) is a compulsory part and includes research work, early research project, thesis research project and thesis defense in order to consolidate all the obtained learning results: acquired knowledge, skills and experience in the field of scientific and engineering fundamentals..

знаний, умений и опыта в области научных и инженерных основ.

**Модуль 5. Индивидуальное обучение** (24 з.е.) включает дисциплины из каталога курсов по выбору студента и дополнительные научно-исследовательские или инновационные проекты.

2.3. При необходимости в программе магистратуры выделяют треки, которые обеспечивают специализацию обучающихся в предметной области.

2.4. Трудоемкость программы аспирантуры – 240 з.е. Программа аспирантуры включает следующие модули:

**Модуль 1. Общие курсы** (18 з.е.) затрагивает проблемы методологии по теме исследований, а также вопросы педагогики, предпринимательства и инновационной деятельности, которые применяются во всех научных областях. Модуль 1 включает обязательную часть («История и философия науки», «Методология научного исследования») и вариативную часть, содержащую курсы из каталога по выбору студента.

**Модуль 2. Курсы по основной предметной области** (12 з.е.) дает возможность углубленного изучения конкретной научной области и направлен на подготовку к сдаче кандидатских экзаменов по научным специальностям. Модуль 2 относится к вариативной части программы.

**Модуль 3. Педагогическая практика** (3 з.е.) готовит выпускника аспирантуры к практической педагогической деятельности; входит в обязательную часть программы аспирантуры.

**Модуль 4. Исследования и разработки по теме диссертации** (201 з.е.) готовит аспиранта к самостоятельной научной деятельности. Модуль является обязательной частью программы

**Stream 5. Options** (24 credits) includes courses from the course catalog and/or additional research or innovation projects.

2.3. An MSc program may have tracks that allow students to specialize in specific subject areas.

2.4. The workload of the PhD program is 240 credits. The PhD program includes the following Streams:

**Stream 1. General Doctoral Courses** (18 credits) addresses methodology questions of the research topic, as well as the topics of pedagogy, entrepreneurship and innovation, which are applied in all scientific fields. Stream 1 includes a compulsory part (“History and Philosophy of Science”, “Research Methodology”) and an elective part containing courses from the course catalog.

**Stream 2. Advanced Major Field Courses** (12 credits) provides an opportunity for an in-depth study of a specific scientific field and is aimed at preparing students for candidate exams in particular research areas. Stream 2 belongs to the elective part of the program.

**Stream 3. Pedagogical Experience** (3 credits) prepares the PhD student for practical teaching, is a compulsory part of the PhD program.

**Stream 4. Thesis Research and Development** (201 credits) prepares the PhD student for independent scientific activity. The stream is a compulsory part of the PhD program and includes the thesis proposal (6

аспирантуры и включает утверждение темы диссертации (6 з.е.), квалификационный экзамен (3 з.е.) и исследования по теме диссертации (192 з.е.).

**Модуль 5. Защита диссертации** (6 з.е.), является итоговой частью программы. Модуль 5 включает обязательное представление результатов научно-исследовательской работы аспиранта в форме научного доклада. В случае, если диссертация рекомендована к защите, проводится защита диссертации PhD Сколтеха в соответствии с процедурой, описанной в “Положении о защите диссертации PhD”.

2.5. Институт обеспечивает обучающемуся возможность освоения факультативных дисциплин. Факультативные дисциплины направлены на расширение и углубление компетенций, установленных Системой результатов обучения в Сколтехе, ФГОС ВО и профессиональными стандартами. Факультативные дисциплины не включаются в объем образовательной программы.

### 3. Организация учебного процесса

- 3.1. Организация учебного процесса по ООП в Сколтехе ведется согласно календарному учебному графику (академическому календарю), который утверждается приказом по Институту на каждый учебный год (Приложение 2).
- 3.2. Учебный год в магистратуре начинается 1 сентября. Учебный год в аспирантуре начинается 1 ноября.
- 3.3. Учебный год подразделяется на следующие периоды обучения:
  - учебная четверть 1 длится 8 недель в сентябре-октябре,

credits), qualifying exam (3 credits), and thesis research (192 credits).

**Stream 5. Thesis Defense** (6 credits) is the final stage of the program. It includes Thesis Final Review where in a PhD student presents the results of research work. If as a result of the Thesis Final Review the thesis is recommended for the defense at Skoltech, the PhD thesis is defended in accordance with the procedure described in the “PhD Thesis Defense Policy”.

2.5. The Institute gives the students the chance to take learning activities outside the curriculum. Optional courses are aimed at expanding and deepening the competencies established by the Skoltech Learning Outcomes Framework, the FSES, and professional standards. Optional courses are not included in the workload of the educational program.

### 3. Organization of the Educational Process

- 3.1. The organization of the educational process at Skoltech is conducted according to the academic calendar, which is approved by the Institute's order for each academic year (Appendix 2).
- 3.2. The MSc academic year begins on September 1. The PhD academic year begins on November 1.
- 3.3. The academic year is divided into the following study periods:
  - Term 1 lasts 8 weeks in September-October;
  - Term 2 lasts 8 weeks in November-December;

- учебная четверть 2 – 8 недель в ноябре-декабре,
- зимняя четверть – как правило, 4 недели в январе,
- учебная четверть 3 – 8 недель в феврале-марте,
- учебная четверть 4 – 8 недель в апреле-мае,
- летняя четверть – 8 недель в июне-июле.

Учебные четверти 1 и 2 в совокупности составляют осенний семестр обучения, четверти 3 и 4 – весенний семестр обучения.

Рекомендуемая структура учебной четверти включает 6 недель занятий, 1 неделю промежуточной аттестации и 1 неделю для завершения и защиты прикладного проекта.

Учебная четверть 1 может подразделяться на 1A (4 недели в сентябре) и 1B (4 недели в октябре).

- 3.4. Общая продолжительность каникул составляет не менее 7 и не более 10 недель в год.
  - 3.5. Объем ООП, реализуемой за один учебный год, составляет 60 з.е. Студенту магистратуры может быть предоставлено право на ускоренное обучение с освоением не более 80 з.е. в год. Минимальный объем учебной нагрузки студентов магистратуры в учебную четверть – 12 з.е.
  - 3.6. Организация учебного процесса ведется на основании утвержденных учебных планов ООП (Приложение 3).
  - 3.7. Для реализации учебных планов в Институте устанавливаются такие виды учебной работы как контактная (аудиторная, внеаудиторная и в ЭИОС) и самостоятельная работа обучающихся.
  - 3.8. Все виды аудиторных занятий проводятся в соответствии с расписанием занятий. Расписание занятий на очередную четверть размещается на официальном
- Winter Term typically lasts 4 weeks in January;
  - Term 3 lasts 8 weeks in February-March;
  - Term 4 lasts 8 weeks in April-May;
  - Summer Term lasts 8 weeks in June-July.
- Terms 1 and 2 together make up the Fall academic semester, and Terms 3 and 4 make up the Spring academic semester.
- The recommended structure of Terms 1-4 includes 6 weeks of classes, 1 week of evaluation period, and 1 week for completing and presenting a project.
- Term 1 can be divided into Term 1A (4 weeks in September) and Term 1B (4 weeks in October).
- 3.4. The total duration student vacation is no less than 7 weeks and no more than 10 weeks per year.
  - 3.5. The program workload for one academic year is 60 credits minimum. An MSc student can be approved taking no more than 80 credits per year for an accelerated program. The minimum workload for MSc students is 12 credits per Term.
  - 3.6. The organization of the educational process is conducted on the basis of the approved curricula (Appendix 3).
  - 3.7. In order to implement curricula, the Institute establishes different types of educational activity such as contact work (in the classroom, outside of classes, via learning management system) and independent study.
  - 3.8. Contact work in the classroom is conducted according to the set schedule. The schedule for a Term is published on the Institute

- сайте Института и в ЭИОС не позднее, чем за три недели до начала соответствующего периода обучения.
- 3.9. Учебная неделя в Институте шестидневная, занятия проводятся с понедельника по субботу. Установлено следующее время занятий: 9.00-12.00, 12.30-15.30 и 16.00-19.00, что позволяет проводить сдвоенные академические занятия (академические пары). Продолжительность одного аудиторного занятия (академической пары) составляет 1 час 30 минут. Рекомендуется включать 5 минутные перерывы каждые 45 минут аудиторных занятий.
- 3.10. Как правило, для дисциплины трудоемкостью 3 з.е. в четверть в расписании отводится по 6 часов аудиторных занятий в неделю, для дисциплины трудоемкостью 6 з.е. в четверть – 9 часов аудиторных занятий в неделю.
- 3.11. Регистрации студентов на элементы образовательной программы осуществляется в соответствии с Регламентом о регистрации обучающихся (Приложение 4).
- website and in the IS (SIS) no later than 3 weeks before the start of the Term.
- 3.9. The academic week at the Institute runs from Monday to Saturday. The class hours are usually: 9.00-12.00, 12.30-15.30 and 16.00-19.00, which allows for dual academic classes (academic pairs). One class (academic pair) is 1 hour and 30 minutes. It is recommended to include 5-minute breaks for every 45 minutes of such classes.
- 3.10. For 3-credit courses, the schedule typically includes 6 hours of in-person classes per week, for a 6-credit course – typically 9 hours of in-person classes per week.
- 3.11. Students' registration should be carried out in accordance with the Registration Rules (Appendix 4).

#### **4. Разработка и утверждение ООП**

- 4.1. ООП самостоятельно разрабатываются и утверждаются Институтом. При разработке ООП учитывается миссия и стратегия Института, международный опыт разработки программ высшего образования, Система результатов обучения Сколтеха, требования ФГОС ВО по соответствующему направлению подготовки, требования рынка труда и профессиональных стандартов, настоящего Положения и т.д.

#### **4. Educational Program Development and Approval**

- 4.1. Educational programs are developed and approved by the Institute. The development of the educational program should be in line with the Institute's mission and strategy and take into consideration international experience in developing higher education programs, the Skoltech Learning Outcomes Framework, the FSES for the relevant field of study, the requirements of the labor market, professional standards, the provisions of the Policy, etc.

- 4.2. Инициатором разработки новой ООП может выступать любой работник Института (группа работников).
- 4.3. При разработке новой программы готовится документ с описанием ООП и финансовое обоснование для реализации программы.
- Документ с описанием ООП включает следующие разделы:
- Характеристика ООП с описанием цели, сравнительный анализ с существующими программами для обоснования уникальности и востребованности выпускников на глобальном рынке труда.
  - Характеристика профессиональной деятельности выпускников.
  - Список потенциальных работодателей.
  - Проект учебного плана (Приложение 3).
  - Кадровые и материально-технические условия реализации программы.
  - Аннотации дисциплин и иных учебных элементов (Приложение 5).
  - Условия для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья.
- Подготовка финансового обоснования реализации ООП включает:
- план приема обучающихся на ближне-, средне- и долгосрочную перспективу;
  - финансовое обоснование реализации программы и источники финансирования;
  - проекты соглашений с потенциальными работодателями о целевой подготовке, трудоустройстве выпускников.
- 4.4. Порядок утверждения новой ООП заключается в следующих последовательных шагах:
- обсуждение и получение поддержки в своем структурном подразделении (Центр, лаборатория, др.);
- 4.2. Any member (or a group of members) of the Institute can initiate the development of a new educational program.
- 4.3. For developing a new program a document describing the educational program, as well as the financial justification for its implementation are to be prepared.
- The document describing the educational program should typically include the following sections:
- Characteristics of the educational program describing the program outcomes, a comparative analysis of the program with the existing programs to justify the uniqueness and demand for the graduates.
  - Professional characteristics of graduates.
  - List of potential employers.
  - Draft of curriculum (Appendix 3).
  - Personnel and the material and technical conditions for implementing the program.
  - Annotations of course and other educational elements (Appendix 5).
  - Conditions for students with disabilities.
- The budget plan for the implementation of the educational program must include the following:
- short, medium, and long-term admission plan;
  - the estimation of the budget for the program implementation and sources of funding;
  - draft agreements with potential employers on sponsored education and placement of students.
- 4.4. The procedure for approving a new educational program consists of the following consecutive steps:
- discussion and support in the structural unit of the Institute (Center for Research, Education and Innovation, laboratory, etc.);

- экспертиза подготовленных документов в Департаменте образования и, при необходимости, последующая доработка;
- представление разработанной ООП на одобрение Образовательного комитета;
- на основании положительного решения Образовательного комитета представление разработанной ООП на утверждение Ученого совета;
- издание приказа об утверждении новой ООП на основании решения Ученого совета.
- review of the draft documents of the new program by the Educational Department and revision of the documents if necessary;
- submission of the developed educational program for approval by the Educational Committee;
- given a positive decision by the Educational Committee, submission of the developed educational program for approval by the Academic Council;
- given a positive decision of the Academic Council, an order is issued to approve the new educational program.

4.5. Утверждение новой ООП осуществляется в ином порядке в случае, если Сколтех не имеет лицензии или разрешения по тому направлению подготовки, по которому планируется открытие новой ООП. В этом случае инициаторы в целях оформления лицензии и/или разрешения для нового направления подготовки по согласованию с Департаментом образования готовят дополнительный пакет документов.

4.6. В целях улучшения качества ООП и повышения их конкурентоспособности ежегодно проводится модернизация существующих программ и обновление учебных планов. Порядок обновления ООП заключается в следующем:

- обсуждение изменений в своем структурном подразделении (Центр, лаборатория, др.);
- экспертиза проекта документа в Департаменте образования;
- представление обновленного документа на одобрение Комитета по образовательной деятельности;
- издание приказа об утверждении ООП на основании решения Комитета по образовательной деятельности.

Настоящий порядок относится также к процессам переименования

4.5. Approval of a new educational program is carried out differently if Skoltech does not hold a license or a permit in the field of study for which a new educational program is planned to be open. In this case, in order to obtain a license and/or permit for a new program, the initiators prepare an additional set of documents in agreement with the Educational Department.

4.6. In order to improve the quality of educational programs and increase their competitiveness, the existing programs are revised and curricula are updated annually. The procedure for updating educational program consists of the following steps:

- prepare any necessary changes for discussion and support in a structural unit of the Institute (CREI, Laboratory, etc.);
- review of the draft of the document by the Educational Department;
- submit an updated document for approval by the Educational Committee;
- provided a positive decision of the Educational Committee, an order is issued to approve the educational program.

This procedure also applies to the processes of renaming the existing educational program and/or changing the field of study.

существующих ООП и/или изменения направления подготовки.

- 4.7. Срок утверждения существующих ООП – не позднее двух месяцев до начала учебного года. Сроки утверждения новых ООП – не позднее 10 месяцев до начала реализации программы.
- 4.8. «Жизненный цикл» ООП, в течение которого она создается, реализуется, проходит обновление, или, выполнив свое предназначение, может закрыться, определяется востребованностью ООП. Основанием для закрытия ООП должно быть решение Ученого совета Института. Закрытие ООП осуществляется посредством издания приказа ректора при отсутствии контингента обучающихся по соответствующей ООП.
- 4.9. В Институте могут разрабатываться ООП с использованием сетевой формы, обеспечивающей возможность освоения обучающимся образовательной программы с использованием ресурсов нескольких образовательных или научных организаций, осуществляющих образовательную деятельность, на основе договоров о сетевой форме реализации образовательной программы.
- 4.10. Особый случай представляют собой совместные ООП, обеспечивающие обучающимся возможность получения двух дипломов, а в случае программ аспирантуры – двух ученых степеней. В разработке и реализации таких программ участвуют партнеры Сколтеха из числа ведущих российских или международных университетов. Совместные программы разрабатываются на основе договоров, заключенных с партнерами, и реализуются в порядке, предусмотренном такими договорами или иными соглашениями сторон. В том числе получение двух дипломов возможно для программ, реализуемых с использованием сетевой формы обучения.
- 4.7. Existing educational programs must be updated and approved no later than two months prior to the start of the academic year. New educational program must be approved no later than 10 months before the start of the program.
- 4.8. The educational program «life cycle», during which it is established, implemented, updated, or, having fulfilled its purpose, terminated, is determined by its demand. The decision to terminate the educational program should be based on the decision of the Academic Council of the Institute. The educational program termination is carried out by issuing an order of the President if there are no students studying in the relevant educational program.
- 4.9. The Institute may develop educational programs using a network form that allows students to complete graduate study using the resources of several educational or research organizations that implement educational activity based on the network agreement.
- 4.10. Additionally, the institute may develop joint educational programs that give students the opportunity to receive two diplomas, and in the case of PhD programs – two degrees. Skoltech partners from leading Russian or international universities participate in the development and implementation of such programs. Joint programs are developed on the basis of legal agreements with partners and are implemented in accordance with the procedure provided for by such agreements or other agreements of the parties. In particular, two diplomas can be awarded for the students studying at the programs being realized in network form.

4.11. Документы по образовательной программе размещаются на официальном сайте Сколтеха в сети Интернет.

4.11. Documents on the educational program are published on the official Skoltech website.

## 5. Оценка качества ООП

## 5. Quality Assessment of Educational programs

5.1. В Сколтехе проводится регулярная внешняя и внутренняя оценки качества образовательной деятельности. К процедурам внешней оценки качества относятся государственная и международная аккредитации и иные процедуры независимой оценки качества подготовки обучающихся. К процедурам внутренней оценки качества относятся процедуры по самообследованию, опросы студентов, выпускников и преподавателей и др.

5.1. Skoltech conducts regular external and internal assessments of the quality of its educational activities. External quality assessment procedures include state and international accreditation, as well as other procedures for independent assessment of the quality of students' training. Internal quality assessment procedures include self-evaluation procedures, surveys of students, graduates and teachers, etc.

5.2. Целью государственной аккредитации является подтверждение соответствия образовательной деятельности по ООП и подготовки обучающихся в Сколтехе требованиям ФГОС ВО. Государственная аккредитация проводится государственным аккредитационным органом на основе Положения о государственной аккредитации образовательной деятельности, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации. Государственная аккредитация обязательна для всех ООП Сколтеха, реализуемых на основании государственной лицензии.

5.2. The purpose of state accreditation is to confirm the compliance of educational activity and student training at Skoltech with the requirements of the FSES. State accreditation is carried out by the state accreditation body on the basis of the Policy on State Accreditation of Educational Activity approved by the resolution of the Government of the Russian Federation. State accreditation is compulsory for all the Skoltech educational programs implemented under a state license.

5.3. Целью международной аккредитации является международное признание качества образования в Сколтехе и подтверждение соответствия образовательной деятельности требованиям международных стандартов. Международная аккредитация проводится уполномоченным аккредитационным агентством. Процедура международной

5.3. International accreditation is aimed at the recognition of the quality of education at Skoltech at the international level and the confirmation of the compliance of educational activity with the requirements of international standards. International accreditation is carried out by an authorized accreditation agency. The international accreditation

аккредитации является добровольной для всех ООП.

- 5.4. К иным процедурам независимой оценки качества подготовки обучающихся относятся существующие процедуры общественной и/или профессионально-общественной аккредитации в различных организациях и ассоциациях, объединениях работодателей и т.п.
- 5.5. Процедура самообследования – ежегодная процедура, проводимая Институтом с целью всестороннего улучшения качества. Отчет по самообследованию Института ежегодно публикуется на сайте Сколтеха. Каждая ООП проводит самообследование самостоятельно, анализируя сильные и слабые стороны и перспективы развития программы. Основные направления самобследования включают SWOT анализ, оценку содержания программы, организации учебного процесса и научно-исследовательской работы студентов, а также анализ трудоустройства выпускников.
- 5.6. Дополнительным инструментом оценки качества образовательной деятельности служат регулярно проводимые опросы, в том числе, опросы студентов удовлетворенностью качеством преподавания, опрос выпускников об удовлетворенности процессом обучения по программе в целом, опрос членов государственных экзаменационных комиссий об организации ГИА и о качестве подготовки выпускников и другие опросы. Анкетирование проводится Департаментом образования в ЭИОС. Результаты опросов являются неотъемлемой частью системы обеспечения качества образования в Институте.

## 6. Управление ООП

procedure is voluntary for all educational programs.

- 5.4. Other procedures for independent assessment of the quality of students' training include the existing procedures for public and / or professional and public accreditation in various organizations and employers' associations, etc.
- 5.5. Self-assessment is an annual procedure carried out by the Institute aimed at comprehensive quality improvement. The Institute's self-assessment report is published annually on the Skoltech website. Each educational program conducts a self-assessment independently, analyzing the strengths and weaknesses and the program's development prospects. Main areas of self-evaluation include the following: SWOT analysis, program content assessment, organization of the educational process and students' research, as well as the analysis of graduates' employment.
- 5.6. Regular surveys are an additional tool for assessing the quality of educational activity, including surveys regarding students' satisfaction with the quality of education, graduates' satisfaction with the learning process under the program as a whole, a survey conducted for the members of state examination commissions on the organization of SFA, the quality of training the graduates, and other surveys. The surveys are conducted by the Educational Department in the Information System. Survey results are an integral part of the Institute's quality assurance system.

## 6. Governance of Educational Programs

- 6.1. Реализуемый в Сколтехе принцип Shared Governance включает академическое управление ООП и административное управление ООП.
- 6.2. Академическое управление ООП магистратуры осуществляется директор программы, академический (педагогический) совет программы и координатор программы.
- 6.3. Директор программы магистратуры отвечает за разработку, обновление, развитие, реализацию и эффективность ООП. Директор программы назначается из числа профессоров программы приказом по Институту.
- 6.4. Академический (педагогический) совет является коллегиальным совещательным органом, в состав которого входят работники структурного подразделения из числа ППС, в котором реализуется программа. Академический (педагогический) совет принимает участие в разработке, обновлении, развитии, реализации ООП, в том числе проведении вступительных испытаний, организации производственной практики, проведении предзащит и защит магистерских диссертаций и др.
- 6.5. Координатор программы назначается из числа работников структурного подразделения, в котором реализуется данная программа. Координатор программы осуществляет операционную деятельность по реализации ООП.
- 6.6. Академическое управление программой аспирантуры осуществляется Программным комитетом во главе с председателем. Состав Программного комитета, включающего, как правило, 5-9 ведущих профессоров программы, утверждается приказом по Институту.
- 6.7. Председатель Программного комитета выполняет функции директора программы и отвечает за разработку, обновление,
- 6.1. The Shared Governance principle implemented at Skoltech includes academic governance and administrative management of the educational programs.
- 6.2. Academic governance of the MSc programs is carried out by the Program Director, the faculty and the Program Coordinator.
- 6.3. The Director of the MSc program is responsible for the design, development, implementation, and update of the educational program, as well as for effectiveness of the educational program. The Program Director is appointed from among the professors of the program by the order of the Institute.
- 6.4. The advisory body of an MSc program consists of the faculty of the structural unit. The faculty take part in the design, development, implementation, and update of the educational program, in addition to conducting admission tests, organizing industrial immersion projects, conducting MSc pre-defenses, MSc theses defenses, etc.
- 6.5. The Program Coordinator is appointed from among the employees of the structural unit of the Institute where the program is implemented. The program coordinator performs operational activities for the implementation of the educational program.
- 6.6. Academic governance of the PhD program is carried out by the Program Committee headed by the Chairman. The composition of the Program Committee, which usually includes 5-9 leading professors of the program, is approved by the order of the Institute.
- 6.7. The Chairman of the Program Committee serves as the director of the program and is responsible for designing, developing,

развитие, реализацию и эффективность ООП аспирантуры.

- 6.8. Программный комитет участвует в разработке, обновлении, развитии, реализации ООП аспирантуры, в том числе в проведении вступительных испытаний, квалификационных экзаменов, ежегодной аттестации, итоговой аттестации аспирантов, дает заключение по рекомендации диссертации к защите.
- 6.9. Административная поддержка вступительных испытаний в магистратуру и аспирантуру осуществляется Департаментом по работе со студентами.
- 6.10. Административная и методическая поддержка образовательной деятельности в Институте, в том числе по разработке и реализации всех ООП магистратуры и аспирантуры, осуществляется Департаментом образования.

implementing, and updating the PhD program as well as for its effectiveness.

- 6.8. The Program Committee participates in designing, developing, implementing, and updating the PhD program, including conducting admission tests, qualifying exams, annual progress reviews, and thesis final reviews of PhD students. The Program Committee also gives a recommendation for defense of the thesis.
- 6.9. Administrative support for conducting MSc and PhD admission tests is provided by the Student Department.
- 6.10. Administrative and methodological support of educational activities at the Institute, including the support for the development and implementation of all MSc and PhD educational programs, is provided by the Educational Department.

Приложение 1 к Положению об основных образовательных программах  
Сколковского института науки и технологий/  
Appendix 1 to the Policy on Graduate Educational Programs  
of the Skolkovo Institute of Science and Technology

**Система результатов обучения / Learning Outcomes Framework**

**Appendix 1. Skolkovo Institute of Science and Technology:  
Learning Outcomes Framework for Science, Engineering and Innovation Leadership.**

**1. DISCIPLINARY KNOWLEDGE AND REASONING**

*UNESCO PILLAR: LEARNING TO KNOW*

- 1.1 KNOWLEDGE OF MATHEMATICS AND SCIENCES
- 1.2 KNOWLEDGE OF APPLIED SCIENCE AND ENGINEERING SCIENCE
- 1.3 KNOWLEDGE OF INNOVATION AND ENTREPRENEURSHIP
- 1.4 INTERDISCIPLINARY THINKING, KNOWLEDGE STRUCTURE AND INTEGRATION
- 1.5 KNOWLEDGE AND USE OF CONTEMPORARY METHODS AND TOOLS

**2. PERSONAL ATTRIBUTES – THINKING, BELIEFS AND VALUES**

*UNESCO PILLAR: LEARNING TO BE*

**2.1 COGNITION AND MODES OF REASONING**

- Analytical reasoning and problem solving
- System thinking
- Creative thinking
- Decision making (with ambiguity, urgency etc)
- Critical thinking and meta-cognition

**2.2 ATTITUDES AND LEARNING**

- Initiative and the willingness to take appropriate risks
- Willingness to make decisions in the face of uncertainty
- Responsibility, intensity, perseverance, urgency and will to deliver
- Resourcefulness, flexibility and an ability to adapt
- Self-awareness and a commitment to self-improvement, lifelong learning and educating

**2.3 ETHICS, EQUITY AND OTHER RESPONSIBILITIES**

- Ethical action, integrity and courage
- Social responsibility
- Equity and diversity
- Trust and loyalty
- Proactive vision and intention in life

**3. RELATING TO OTHERS – COMMUNICATION AND COLLABORATION**

*UNESCO PILLAR: LEARNING TO WORK WITH OTHERS*

**3.1 COMMUNICATIONS**

- Communications strategy and structure
- Written, electronic and graphical communication
- Oral presentation and discussion
- Inquiry, listening and dialogue

**3.2 COMMUNICATIONS IN INTERNATIONAL ENVIRONMENTS**

- Communications in English in scientific, business and social settings
- Effective interaction in different cultural and international settings

**3.3 TEAMWORK**

- Forming effective teams
- Team operations and project management
- Team coordination, decision-making and leadership
- Team growth and evolution
- Technical and multidisciplinary teaming

**3.4 COLLABORATION AND CHANGE**

- Establishing diverse connections and networking
- Appreciating different roles, perspectives and interests
- Negotiation and conflict resolution
- Advocacy
- Bringing about intentional change

**4. LEADING THE INNOVATION PROCESS**

*UNESCO PILLAR: LEARNING TO DO*

**4.1 MAKING SENSE OF GLOBAL SOCIETAL, ENVIRONMENTAL AND BUSINESS CONTEXT**

- Appreciating the potential and limitations of science and technology, their role in society and society's role in their evolution
- Taking responsibility for sustainable development, including social, economic, environmental and work environment aspects
- Understanding the technical products, systems and infrastructure of the sector
- Understanding the enterprise – culture, stakeholders, strategy and goals
- Understanding the business context – markets, policy and ecosystem of the sector

**4.2 VISIONING – INVENTING NEW TECHNOLOGIES**

**THROUGH RESEARCH**

- The research process – hypothesis, evidence and defense
- Basic research leading to new scientific discovery
- Research aimed at developing new technologies
- Imagining utility of new science and technology
- Developing concepts and reducing to practice

**4.3 VISIONING – CONCEIVING AND DESIGNING**

**SUSTAINABLE SYSTEMS**

- Identifying stakeholders need and wants
- Identifying and formulating objectives and goals
- Conceiving and architecting products and services around new technologies and identifying their impact
- Disciplinary and multidisciplinary design for sustainability, safety, aesthetics, operability and other objectives
- Understanding the technical context and ecosystem of the product or service
- Design process management, including planning, project judgment and effective decision-making

**4.4 DELIVERING ON THE VISION – IMPLEMENTING**

**AND OPERATING**

- Designing and optimizing sustainable and safe implementation and operations
- Manufacturing and supply chain operations
- Supporting the system life cycle including evolution and disposal
- Implementation and operations management

**4.5 DELIVERING ON THE VISION –**

**ENTREPRENEURSHIP AND ENTERPRISE**

- New venture conceptualization and creation
- Financing product development and new ventures
- Building and leading an organization and extended organization
- Initiating engineering and development processes
- Selling, marketing and distributing products and services
- Understanding the value chain – the innovation system, networks and infrastructure
- Managing intellectual property and respecting the legal process







Приложение 4 к Положению об основных образовательных программах  
Сколковского института науки и технологий/  
Appendix 4 to the Policy on Graduate Educational Programs  
of the Skolkovo Institute of Science and Technology

## **РЕГЛАМЕНТ РЕГИСТРАЦИИ НА КУРСЫ**

### **REGISTRATION RULES**

- Регистрация на курсы – процесс, разработанный в Сколковском институте науки и технологий для формирования индивидуальной образовательной траектории студента в процессе обучения. Настоящий регламент описывает процесс регистрации студентов на все учебные элементы образовательной программы.
  - В соответствии с учебным планом образовательной программы студент должен освоить обязательные учебные элементы и учебные элементы по выбору.  
Студенту рекомендуется делать выбор в соответствии со своими профессиональными интересами с учетом рекомендаций научного руководителя. Для полноценного выбора студент имеет доступ к утвержденному учебному плану, каталогу курсов, рабочим программам дисциплин, требованиям к учебной нагрузке студента.  
Регистрация студента на обязательные учебные элементы такие как, например, обязательные дисциплины, производственная практика, Мастерская инноваций и защита выпускной квалификационной работы производится в электронной информационно-образовательной среде (ЭИОС) при поддержке Департамента образования.  
Регистрация студента на учебные элементы по выбору такие как, например, дисциплины по выбору или исследовательские проекты, осуществляется студентом самостоятельно в ЭИОС.
  - Минимальный объем учебной нагрузки студента магистратуры в учебную четверть – 12 з.е. Максимальное количество зачетных единиц, которое может быть освоено в учебную четверть – 18.
- Registration is the process developed at the Skolkovo Institute of Science and Technology that allows students to form individual educational trajectory. The present regulations describe the process of students' registration for all curriculum elements of educational programs.
  - According to curriculum of educational programs, students should master core (compulsory) and elective curriculum elements.  
A student is recommended to make choice based on professional interests and taking into account recommendations of the Research Advisor. Student has access to the approved curriculum, Course Catalog, syllabi and full-time status requirements to make their choice integral.  
Registration for compulsory curriculum elements such as core courses, Industrial Immersion, Innovation Workshop, and MSc Thesis Defense, happens via the Information System administratively with support of the Educational Department.  
Students handle registration for elective curriculum elements such as elective courses and short-term projects via the Information System themselves.
  - The minimum educational workload of an MSc student per Term is 12 ECTS credits. The maximum limit per Term is 18 ECTS credits.

4. Департамент образования своевременно информирует студентов о начале регистрации, регламенте регистрации, публикует расписание занятий на очередную учебную четверть.
5. Период регистрации – время, в течение которого студенты регистрируются на дисциплины и/или проекты. Регистрация открывается в ЭИОС, как правило, не позднее трех недель и заканчивается за две недели до начала учебной четверти.
6. Период отказа от регистрации (Drop/Add) – время, в течение которого студент может отказаться от выбранной дисциплины и зарегистрироваться на другую дисциплину или проект.
- Период отказа от регистрации – первая учебная неделя четверти.
7. Максимальное число студентов, которое может быть зарегистрировано на дисциплину, определено в рабочей программе. Если в процессе регистрации вакантные места закончились, студенты записываются в лист ожидания. Департамент образования регистрирует студентов из листа ожидания в порядке их очередности по мере появления вакантных мест.
8. Если количество зарегистрированных на дисциплину студентов меньше установленного минимального значения, то дисциплина может быть отменена Департаментом образования.
9. После окончания периода отказа от регистрации (Drop/Add) учебные элементы, выбранные студентом, становятся обязательными для освоения в текущей учебной четверти.
10. Преподаватели, научные руководители студентов, координаторы образовательных программ, обеспечиваются доступом к информации по процессу регистрации в
4. The Educational Department informs students about the start of registration, registration regulations and publishes course schedule for the following Term.
5. Registration period is time when students register for courses and/or projects. Registration opens in the Information System, as a rule, at least three weeks before and closes two weeks prior to the beginning of the Term.
6. Drop/Add period, the first week of the Term, is time when a student is allowed to cancel registration or register for another course or project.
7. The maximum number of students for a course is set in the syllabus. If all seats have been taken during registration, students enroll in the waiting list. The Educational Department registers waitlisted students in the course on the “first come – first served” basis if any seats become available for registration.
8. If the number of students enrolled in a course is below than the limit defined, the course might be cancelled by the Educational Department.
9. After the Drop/Add period, curriculum elements that students chose become compulsory for studying in the current Term.
10. Course Instructors, Research Advisors and Program Coordinators are provided with access to information on registration in the Information System.

ЭИОС.

11. Контроль за регистрацией осуществляют 11. Registration control is administered by the  
Департамент образования. Educational Department.

**Приложение 5 к Положению об основных образовательных программах  
Сколковского института науки и технологий/  
Appendix 5 to the Policy on Graduate Educational Programs  
of the Skolkovo Institute of Science and Technology**

**Пример рабочей программы дисциплины / Course Syllabus**  
**Skoltech** Course Syllabus

Skolkovo Institute of Science and Technology

Course Title (in English) Bayesian Methods of Machine Learning

Course Title (in Russian) Байесовские методы машинного обучения

Lead Instructor(s) Burnaev, Evgeny

Is this syllabus complete, or do you plan to edit it again before sending it to the Education Office? The syllabus is a final draft waiting for approval (once approved the syllabus will be published on the public web-site and other systems)

Contact Person Evgeny Burnaev

Contact Person's E-mail E.Burnaev@skoltech.ru

## 1. Annotation

### Course Description

The course addresses Bayesian approach for solving various machine learning and data analysis problems. It offers the framework for solving inverse problems, model selection and continual learning. The most attention is payed to the fusion between the deep learning techniques and the elements of bayesian approach. This fusion is possible due to the development of a range of approximate inference techniques in the last 20 years.

Modern machine learning papers frequently use machinery of the approximate inference techniques. The main learning outcome of the course is the ability to read and reproduce related papers, and to apply corresponding methods of approximate inference for the development of Bayesian machine learning approaches. In order to reach this goal, the course contains theoretical and practical assignments and the final project.

The purpose of the theoretical tasks is two-fold. Firstly, we would like to develop skills of equation derivation, that is used routinely in papers and is usually suppressed. Secondly, some theoretical tasks provide the intuition about properties of the methods through toy models. The purpose of the practical tasks is straightforward: to translate discussed methods to the code and observe properties of the methods through examples.

These assignments leads to the course projects: reproducing and discussing a relevant paper from a recent conference, and/or development of some students' research ideas using methods of Bayesian machine learning.

**Course Prerequisites /  
Recommendations**

This is an Elective course in Term 5. Course prerequisites among the Skoltech courses are Numerical Linear Algebra and Optimization Methods, as well as course on Machine Learning and Applications. As well we suppose an attendee be fluent with linear algebra, probability and real analysis.

**Аннотация**

Курс посвящен Байесовскому подходу к решению различных задач машинного обучения и анализа данных. Байесовскому подход лежит в основе решения важных прикладных задач, таких как обратные задачи, задачи выбора модели, и задачи непрерывного (онлайн) обучения. Наибольшее внимание в курсе уделяется слиянию методов глубокого обучения с элементами байесовского подхода. Это слияние стало возможным благодаря развитию за последние 20 лет ряда методов приближенного вывода.

Современные статьи по машинному обучению часто используют методы приближенного вывода. Основным результатом обучения на курсе является умение читать и воспроизводить соответствующие статьи, а также применять соответствующие методы приближенного вывода для разработки алгоритмов байесовского машинного обучения. Для достижения этой цели в курсе предусмотрены теоретические и практические задания, а также итоговый проект.

Цель теоретических заданий двоякая. Во-первых, их выполнение позволит студентам развить навыки получения явных формул, используемых в работах в основе методов приближенного вывода. При этом, в современной литературе фактически отсутствуют источники, по которым можно было бы изучить основные подходы к получению такого рода явных результатов. Выполнение соответствующих заданий позволит восполнить этот пробел. Во-вторых, некоторые теоретические задачи, решенные в рамках упрощенных предположений, позволяют лучше интуитивно понять теоретические свойства соответствующих байесовских методов. Цель практических заданий проста: реализовать обсуждаемые методы в программном виде и изучить их свойства при применении к реальным данным.

Указанные задания подводят учащихся к курсовым проектам: воспроизведение и обсуждение соответствующих статей с передовых конференций по машинному обучению, и/или реализация собственных научно-исследовательских проектов с применением байесовских методов машинного обучения.

## 2. Structure and Content

**Course Academic Level**

Master-level course suitable for PhD students

**Number of ECTS credits**

6

Topic	Summary of Topic	Lectures (# of hours)	Seminars (# of hours)	Labs (# of hours)
Foundations. Exact Inference	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Some canonical problems: classification, regression, clustering and density estimation</li> <li>- Representing beliefs and the Cox axioms. The Dutch Book Theorem. Bayesian reasoning and interpretation of probabilities</li> <li>- Bayesian Occam's Razor and Model Selection</li> <li>- Asymptotic Certainty. Asymptotic Concensus. Asymptotic Normality of the Posterior and Bernstein-von Mises theorem</li> <li>- Exponential Families: properties, sufficient statistics, conjugacy</li> <li>- Generalized Linear Models (GLM), Laplace Approximation, Automatic Relevance Determination Theory: individual home assignments</li> </ul>	4	4	0
Non-exact Inference: Variational Approaches	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Expectation-Maximization. Principal Component Analysis</li> <li>- Mean Field Approximation. Complete conditionals in the Exponential Family. Blind Image Denoising</li> <li>- Stochastic Variational Inference. Latent Dirichlet Allocation</li> </ul> <p>Practice: home assignment 1</p>	7	7	0
Non-exact Inference: Deep Bayes	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Variational Auto-Encoding models</li> <li>- Stochastic gradients estimators and variance reduction</li> <li>- Variational Dropout</li> <li>- Generative Adversarial Models (GAN). Alpha-GAN, Wasserstein GAN</li> </ul> <p>Theory: individual home assignments</p>	7	7	0
Non-Exact Inference: MCMC Approaches	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Metropolis-Hastings. Langevin Dynamics. Scalable Langevin Dynamics</li> <li>- Gibbs Sampling. Applications to Matrix Completion (NetFlix problem)</li> </ul> <p>Practice: home assignment 2. Project announcement</p>	6	6	0

### 3. Assignments

Assignment Type	Assignment Summary
Example of problems:	1) Use the Bernoulli mixture to model handwritten digits from the MNIST handwritten digit database. Here turn the digit into a binary vector by setting all elements whose values exceed 0.5 to 1 and setting the remaining elements to 0. Apply the mixture model for clustering of handwritten digits. Investigate clustering performance on parameters of the algorithm.
Homework	2) Extend the variational treatment of Bayesian linear regression to include a gamma hyperprior $\text{Gam}(\beta   c_0, d_0)$ (on the noise precision parameter $\beta$ ) besides a gamma hyperprior on $\alpha$ (the precision of a Gaussian prior distribution on the linear regression model parameters), by assuming a factorized variational distribution of the form $q(w)q(\alpha)q(\beta)$ . Derive the variational equations for the three factors in the variational distribution and also obtain an expression for the lower bound and for the predictive distribution.

	<p><b>Examples of the topics:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Deep kernels and Gaussian processes</li> <li>2. Bayesian Active Learning</li> <li>3. Bayesian black-box optimization</li> <li>4. Multi-Fidelity Gaussian Process regression</li> <li>5. Bayesian change-point detection</li> <li>6. Comparison of approaches for approximation of intractable Bayesian models</li> <li>7. MCMC for Bayesian inference</li> </ol> <p><b>Final course project (groups up to 3):</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Possible to combine with projects from parallel courses</li> <li>• Default project topics will be announced on week 3</li> <li>• Stages: Project proposal (week 4),</li> <li>• Milestone status checkup (week 6),</li> <li>• Presentation and Final Report submission (week 8)</li> </ul> <p><b>Final Project types</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Applied: pick an interesting application and figure out how to apply machine learning algorithms to solve it;</li> <li>• Algorithmic: propose a new learning algorithm, or a variant of some existing one to solve a general problem or group thereof.</li> </ul> <p><b>The Final Report is a PDF:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduction: motivation and problem statement</li> <li>• Related work and brief literature overview</li> <li>• Dataset Description</li> <li>• ML Methods and algorithms, proposed algorithm modifications, etc.</li> <li>• Experiments/Discussion: details about (hyper)parameters and how you picked them, cross-validation metrics and details, discussion of failures and successes, equations, results, visualizations, tables, etc.</li> <li>• Conclusion, references, acknowledgements and contributions</li> <li>• Up to 5 pages including figures, tables, appendices (in algorithmic projects only), and excluding references/contributions</li> <li>• Source code (scripts, notebooks) in ZIP or on Github</li> </ul> <p><b>The main assessment criteria:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• General evaluation criteria for the Report</li> <li>- significance, novelty: toy/real problem or common/unexplored method</li> <li>- technical quality: insightful choice of clever reasonable methods, cross-validation and general quality assessment of used tools/methods</li> <li>- general report quality and structure</li> <li>- relevance to the topics covered during the course</li> <li>• The Project presentation</li> <li>- presentation quality and clarity</li> <li>- relevant technical content and summary</li> <li>the knowledge demonstrated by the team</li> </ul> <p><b>There is one test in the middle of the course (midterm exam)</b></p> <p><b>The test is in the form of multiple choice questions and short problems.</b></p> <p><b>E.g.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Does Variational Inference denotes a set of methods to estimate variance of the model?</li> <li>Answer: Yes/No. Provide short comments</li> <li>- Approximate the evidence for the Bayesian linear regression. Provide brief calculations</li> </ul>
Team Project	
Test/Quiz	

## 4. Grading

Type of Assessment      Graded

Grade Structure

Activity Type	Activity weight, %
Homework Assignments	40
Midterm Exam	30
Projects	30

## Grading Scale

A:                    86

B:                    70

C:                    56

D:                    46

E:                    36

F:                    0

Attendance Requirements      Mandatory

## 5. Basic Information

### Maximum Number of Students

Maximum Number of Students	
Overall:	40
Per Group (for seminars and labs):	40

Course Stream      Science, Technology and Engineering (STE)

Course Term (in context of Academic Year)      Term 1

Course Delivery Frequency      Every year

Students of Which Programs do You Recommend to Consider this Course as an Elective?

Masters Programs	PhD Programs
Data Science	Computational and Data Science and Engineering
Course Tags	Math Programming

## 6. Textbooks and Internet Resources

Required Textbooks	ISBN-13 (or ISBN-10)
Bishop, C.M. Pattern Recognition and Machine Learning. Springer, 2007	978-0387310732
Barber, D. Bayesian Reasoning and Machine Learning. Cambridge University Press, 2012	978-0521518147
Recommended Textbooks	ISBN-13 (or ISBN-10)
Trevor Hastie, Robert Tibshirani, Jerome Friedman. The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction. Springer, 2009.	9780387848570
Peter Muller, Fernando Andres Quintana, Alejandro Jara, Tim Hanson. Bayesian Nonparametric Data analysis. Springer, 2015	9783319189673
A. Gelman, J.B. Carlin, H.S. Stern, D.B. Rubin. Bayesian Data Analysis. Chapman & Hall/CRC, 2004	9781439840955
J. Wakefield. Bayesian and Frequentist Regression Methods. Springer, 2013	9781441909244
J.K. Ghosh, M. Delampady, T. Samanta. An Introduction to Bayesian Analysis. Theory and Methods. Springer, 2006	9780387400846
J.K. Ghosh, R.V. Ramamoorthi. Bayesian Nonparametrics. Springer, 2003	9780387955377
M.-H. Chen, Q.-M. Shao, J.G. Ibrahim. Monte Carlo Methods in Bayesian Computation. Springer, 2000	9781461270744
E.G. Phadia. Prior Processes and Their Applications. Springer, 2013	9783642392795
C.P. Robert. The Bayesian Choice. From Decision-Theoretic Foundations to Computational Implementation. Springer, 2007	9780387715988
Web-resources (links)	Description
<a href="http://gaussianprocess.org/gpml/">http://gaussianprocess.org/gpml/</a>	Carl Rasmussen and Christopher Williams. Gaussian Processes for Machine Learning. The MIT Press, 2006.
<a href="http://web4.cs.ucl.ac.uk/staff/D.Barber/pmwiki/pmwiki.php?n=Brml.HomePage">http://web4.cs.ucl.ac.uk/staff/D.Barber/pmwiki/pmwiki.php?n=Brml.HomePage</a>	online version of Barber's "Bayesian Reasoning and Machine Learning"
<a href="http://wol.ra.phy.cam.ac.uk/mackay/itila/book.html">http://wol.ra.phy.cam.ac.uk/mackay/itila/book.html</a>	D. J. C. MacKay (2003) Information Theory, Inference, and Learning Algorithms.

## 7. Facilities

<b>Equipment</b>
Access to the Internet through a computer class and Wi-Fi network of the institute.
<b>Whiteboard/Flipchart; Projector</b>
<b>Software</b>
Software requirements: Python 3.6 and
PyTorch: latest
Numpy: latest

## 8. Learning Outcomes

<b>Knowledge</b>
Obtain a big picture of practical problems exploiting Bayesian ML methods; applications include automatic feature selection and predictive modeling applications, Bayesian optimization, topics modeling, etc.
Know main ML problem statements;
Know available standard Bayesian ML methods and areas of their applications;
Know functionality and constraints of existing ML algorithmic software libraries, containing realizations of Bayesian ML methods (Scikit-learn, BayesPy, etc.);
Know the theoretical basis and conceptual tools needed for the investigation and justification of Bayesian algorithms;
<b>Skill</b>
Be able to formulate in mathematical terms a real-world problem, built a corresponding probabilistic model, select an appropriate Bayesian inference method;
Be able to apply Bayesian ML methods from existing ML algorithmic software libraries (Scikit-learn, BayesPy, etc.) and interpret obtained results in subject domain terms;
Be able to develop either exact or approximate Bayesian inference algorithms for probabilistic models and implement them into efficient programming code;
Be able to formulate the domain-specific knowledge in terms of a prior distribution;
Be able to read and discuss research papers on probabilistic framework, Bayesian ML methods and their applications;
<b>Experience</b>
Obtain a sufficient experience during practical exercises and project activities to become a qualified user of Bayesian ML methods.

## 9. Assessment Criteria

Input or Upload Example(s) of Assignment 1:

Select Assignment 1 Type      Team Project

**Input Example(s) of Assignment 1 (preferable)**

Examples of the topics:

1. Deep kernels and Gaussian processes
2. Bayesian Active Learning
3. Bayesian black-box optimization
4. Multi-Fidelity Gaussian Process regression
5. Bayesian change-point detection
6. Comparison of approaches for approximation of intractable Bayesian models
7. MCMC for Bayesian inference

Final course project (groups up to 3):

- Possible to combine with projects from parallel courses
- Default project topics will be announced on week 3
- Stages: Project proposal (week 4),
- Milestone status checkup (week 6),
- Presentation and Final Report submission (week 8)

Final Project types

- Applied: pick an interesting application and figure out how to apply machine learning algorithms to solve it;
- Algorithmic: propose a new learning algorithm, or a variant of some existing one to solve a general problem or group thereof.

The Final Report is a PDF:

- Introduction: motivation and problem statement
- Related work and brief literature overview
- Dataset Description
- ML Methods and algorithms, proposed algorithm modifications, etc.
- Experiments/Discussion: details about (hyper)parameters and how you picked them, cross-validation metrics and details, discussion of failures and successes, equations, results, visualizations, tables, etc.
- Conclusion, references, acknowledgements and contributions
- Up to 5 pages including figures, tables, appendices (in algorithmic projects only), and excluding references/contributions
- Source code (scripts, notebooks) in ZIP or on Github

**Or Upload Example(s) of Assignment 1**

<https://ucarecdn.com/035792cb-4ba4-41c9-8e2f-6c8e6763c8d6/>

**Assessment Criteria for Assignment 1**

The main assessment criteria:

- General evaluation criteria for the Report
  - significance, novelty: toy/real problem or common/unexplored method
  - technical quality: insightful choice of clever reasonable methods, cross-validation and general quality assessment of used tools/methods
  - general report quality and structure
  - relevance to the topics covered during the course
- The Project presentation
  - presentation quality and clarity
  - relevant technical content and summary
- the knowledge demonstrated by the team

**Input or Upload Example(s) of Assignment 2:**

**Select Assignment 2 Type**

Test/Quiz

<b>Input Example(s) of Assignment 2 (preferable)</b>	<p>There is one test in the middle of the course (midterm exam)</p> <p>The test is in the form of multiple choice questions and short problems.</p>
<b>Assessment Criteria for Assignment 2</b>	<p>The main assessment criteria:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- correct answers to multiple choice questions</li> <li>- complete and correct solutions to problems</li> </ul>
<b>Input or Upload Example(s) of Assignment 3:</b>	
<b>Select Assignment 3 Type</b>	Homework Assignments
<b>Input Example(s) of Assignment 3 (preferable)</b>	<p>Example of problems for a homework:</p> <p>1) Use the Bernoulli mixture to model handwritten digits from the MNIST handwritten digit database. Here turn the digit into a binary vector by setting all elements whose values exceed 0.5 to 1 and setting the remaining elements to 0. Apply the mixture model for clustering of handwritten digits. Investigate clustering performance on parameters of the algorithm.</p> <p>2) Extend the variational treatment of Bayesian linear regression to include a gamma hyperprior <math>\text{Gam}(\beta   c_0, d_0)</math> (on the noise precision parameter <math>\beta</math>) besides a gamma hyperprior on <math>\alpha</math> (the precision of a Gaussian prior distribution on the linear regression model parameters), by assuming a factorized variational distribution of the form <math>q(w)q(\alpha)q(\beta)</math>. Derive the variational equations for the three factors in the variational distribution and also obtain an expression for the lower bound and for the predictive distribution.</p> <p>The solution to a homework is:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- a PDF with a report on the problem solution with complete, correct and clear explanations</li> <li>- source code (scripts, notebooks) in ZIP or on Github</li> </ul> <p>The main assessment criteria:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- complete and correct solutions to problems</li> </ul>

**Input or Upload Example(s) of Assignment 4:**

**Input or Upload Example(s) of Assignment 5:**

## 10. Additional Notes

<b>Free Style Comments (if any)</b>	<p>Materials/textbook, specifically selected for different sections of the course</p> <p>1. Exact Inference &amp; GLM</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• S. AMARI and A. CICHOCKI. Information geometry of divergence functions. url: <a href="http://fluid.ippt.gov.pl/bulletin/%2858-1%29183.pdf">http://fluid.ippt.gov.pl/bulletin/%2858-1%29183.pdf</a></li> <li>• Rina Foygel Barber, Mathias Drton, and Kean Ming Tan. "Laplace Approximation in High-dimensional Bayesian Regression". In: arXiv:1503.08337 [math, stat] (Mar. 2015). arXiv: 1503.08337. url: <a href="http://arxiv.org/abs/1503.08337">http://arxiv.org/abs/1503.08337</a></li> <li>• Bradley Efron. "The Geometry of Exponential Families". EN. In: The</li> </ul>
-------------------------------------	---

- Annals of Statistics 6.2 (Mar. 1978), pp. 362–376. issn: 0090-5364, 2168-8966. doi: 10.1214/aos/1176344130. url: <https://projecteuclid.org/euclid-aos/1176344130>
- Eric P. Xing. The Exponential Family and Generalized Linear Models. url: [https://www.cs.cmu.edu/~epxing/Class/10708-14/scribe\\_notes/scribe\\_note\\_lecture6.pdf](https://www.cs.cmu.edu/~epxing/Class/10708-14/scribe_notes/scribe_note_lecture6.pdf)
  - Andrew Gelman and Jennifer Hill. Data analysis using regression and multilevel/hierarchical models. English. OCLC: 646068240. Cambridge; New York: Cambridge University Press, 2007. isbn: 978-0-511-76955-9 978-0-511-26811-3 978-0-511-79094-2 978-1-282-65283-5. url: <http://dx.doi.org/10.1017/CBO9780511790942>
  - S. Kullback and R. A. Leibler. "On Information and Suciency". In: The Annals of Mathematical Statistics 22.1 (Mar. 1951), pp. 79–86. issn: 0003-4851, 2168-8990. doi: 10.1214/aoms/1177729694. url: <https://projecteuclid.org/euclid.aoms/1177729694>
  - M. Tipping M. Bishop. Bayesian Regression and Classification. url: <https://www.microsoft.com/en-us/research/wp-content/uploads/2016/02/bishop-nato-bayes.pdf>
  - Frank Nielsen and Vincent Garcia. "Statistical exponential families: A digest with flash cards". In: arXiv:0911.4863 [cs] (Nov. 2009). arXiv: 0911.4863. url: <http://arxiv.org/abs/0911.4863>
  - Erlis Ruli, Nicola Sartori, and Laura Ventura. "Improved Laplace Approximation for Marginal Likelihoods". In: Electronic Journal of Statistics 10.2 (2016). arXiv: 1502.06440, pp. 3986–4009. issn: 1935-7524. doi: 10.1214/16-EJS1218. url: <http://arxiv.org/abs/1502.06440>
  - STA 250: Statistics. Laplace Approximation to the Posterior. url: <http://www2.stat.duke.edu/~st118/sta250/laplace.pdf>
  - Michael E. Tipping. Bayesian Inference: An introduction to Principles and Practice in Machine Learning. url: [https://www.ics.uci.edu/~smyth/courses/cs274/readings/bayesian\\_regression\\_overview.pdf](https://www.ics.uci.edu/~smyth/courses/cs274/readings/bayesian_regression_overview.pdf)
2. Non Exact Inference: Variational Methods
- Shun-ichi Amari. Natural Gradient Works Efficiently in Learning.
  - David M. Blei, Alp Kucukelbir, and Jon D. McAulie. "Variational Inference: A Review for Statisticians". In: Journal of the American Statistical Association 112.518 (Apr. 2017). arXiv: 1601.00670, pp. 859–877. issn: 0162-1459, 1537-274X. doi: 10.1080/01621459.2017.1285773. url: <http://arxiv.org/abs/1601.00670>
  - EM and MM Algorithms. url: [https://www.samsi.info/wp-content/uploads/2016/08/Zhou\\_samsi-opt-summerschool-20160810-1.pdf](https://www.samsi.info/wp-content/uploads/2016/08/Zhou_samsi-opt-summerschool-20160810-1.pdf)
  - Matt Hoffman et al. "Stochastic Variational Inference". In: arXiv:1206.7051 [cs, stat] (June 2012). arXiv: 1206.7051. url: <http://arxiv.org/abs/1206.7051>
  - M. Tipping M. Bishop. Mixtures of Probabilistic PCA. url: <http://www.miketipping.com/papers/met-mppca.pdf>
  - Razvan Pascanu and Yoshua Bengio. "Revisiting Natural Gradient for Deep Networks". In: arXiv:1301.3584 [cs] (Jan. 2013). arXiv: 1301.3584. url: <http://arxiv.org/abs/1301.3584>
  - Michael E. Tipping. Probabilistic PCA. url: <https://www.microsoft.com/en-us/research/wp-content/uploads/2016/02/bishop-ppca-jrss.pdf>
  - Tong Tong Wu and Kenneth Lange. "The MM Alternative to EM". In: Statistical Science 25.4 (Nov. 2010). arXiv: 1104.2203, pp. 492–505. issn: 0883-4237. doi: 10.1214/08-STS264. url: <http://arxiv.org/abs/1104.2203>
  - Anderson Y. Zhang. Theoretical and computational guarantees of mean field variational inference for community detection. url: <http://www.stat.yale.edu/~hz68/variational.pdf>
3. Non Exact Inference: Deep Learning and Bayesian Methods
- Martin Arjovsky, Soumith Chintala, and Leon Bottou. "Wasserstein GAN". In: arXiv:1701.07875 [cs, stat] (Jan. 2017). arXiv: 1701.07875. url: <http://arxiv.org/abs/1701.07875>

- Yuri Burda, Roger Grosse, and Ruslan Salakhutdinov. “Importance Weighted Autoencoders”. In: arXiv:1509.00519 [cs, stat] (Sept. 2015). arXiv: 1509.00519. url: <http://arxiv.org/abs/1509.00519>
- Chris Cremer, Quaid Morris, and David Duvenaud. “Reinterpreting Importance-Weighted Autoencoders”. In: arXiv:1704.02916 [stat] (Apr. 2017). arXiv: 1704.02916. url: <http://arxiv.org/abs/1704.02916>
- Alex Graves. “Stochastic Backpropagation through Mixture Density Distributions”. In: arXiv:1607.05690 [cs] (July 2016). arXiv: 1607.05690. url: <http://arxiv.org/abs/1607.05690>
- Shixiang Gu et al. “MuProp: Unbiased Backpropagation for Stochastic Neural Networks”. en. In: (Nov. 2015). url: <https://arxiv.org/abs/1511.05176>
- Jiri Hron, Alexander G. de G. Matthews, and Zoubin Ghahramani. “Variational Gaussian Dropout is not Bayesian”. In: arXiv:1711.02989 [stat] (Nov. 2017). arXiv: 1711.02989. url: <http://arxiv.org/abs/1711.02989>
- Eric Jang, Shixiang Gu, and Ben Poole. “Categorical Reparameterization with Gumbel-Softmax”. In: arXiv:1611.01144 [cs, stat] (Nov. 2016). arXiv: 1611.01144. url: <http://arxiv.org/abs/1611.01144>
- Diederik P. Kingma, Tim Salimans, and Max Welling. “Variational Dropout and the Local Reparameterization Trick”. In: arXiv:1506.02557 [cs, stat] (June 2015). arXiv: 1506.02557. url: <http://arxiv.org/abs/1506.02557>
- Diederik P. Kingma and Max Welling. “Auto-Encoding Variational Bayes”. In: arXiv:1312.6114 [cs, stat] (Dec. 2013). arXiv: 1312.6114. url: <http://arxiv.org/abs/1312.6114>
- Lars Maaløe et al. “Auxiliary Deep Generative Models”. In: arXiv:1602.05473 [cs, stat] (Feb. 2016). arXiv: 1602.05473. url: <http://arxiv.org/abs/1602.05473>
- Andriy Mnih and Karol Gregor. “Neural Variational Inference and Learning in Belief Networks”. en. In: (Jan. 2014). url: <https://arxiv.org/abs/1402.0030>
- Dmitry Molchanov, Arsenii Ashukha, and Dmitry Vetrov. “Variational Dropout Sparsifies Deep Neural Networks”. In: arXiv:1701.05369 [cs, stat] (Jan. 2017). arXiv: 1701.05369. url: <http://arxiv.org/abs/1701.05369>
- Sebastian Nowozin, Botond Cseke, and Ryota Tomioka. “f-GAN: Training Generative Neural Samplers using Variational Divergence Minimization”. In: arXiv:1606.00709 [cs, stat] (June 2016). arXiv: 1606.00709. url: <http://arxiv.org/abs/1606.00709>
- Mihaela Rosca et al. “Variational Approaches for Auto-Encoding Generative Adversarial Networks”. In: arXiv:1706.04987 [cs, stat] (June 2017). arXiv: 1706.04987. url: <http://arxiv.org/abs/1706.04987>
- Francisco J. R. Ruiz, Michalis K. Titsias, and David M. Blei. “The Generalized Reparameterization Gradient”. In: arXiv:1610.02287 [stat] (Oct. 2016). arXiv: 1610.02287. url: <http://arxiv.org/abs/1610.02287>
- John Schulman et al. “Gradient Estimation Using Stochastic Computation Graphs”. In: arXiv:1506.05254 [cs] (June 2015). arXiv: 1506.05254. url: <http://arxiv.org/abs/1506.05254>
- Jakub M. Tomczak and Max Welling. “VAE with a VampPrior”. In: arXiv:1705.07120 [cs, stat] (May 2017). arXiv: 1705.07120. url: <http://arxiv.org/abs/1705.07120>
- George Tucker et al. “REBAR: Low-variance, unbiased gradient estimates for discrete latent variable models”. In: (Mar. 2017).

#### 4. Non-exact inference: MCMC methods.

- Handbook of Markov Chain Monte Carlo. url: <http://www.mcmchandbook.net/>
- Yi-An Ma, Tianqi Chen, and Emily B. Fox. “A Complete Recipe for Stochastic Gradient MCMC”. In: arXiv:1506.04696 [math, stat] (June 2015). arXiv: 1506.04696. url: <http://arxiv.org/abs/1506.04696>
- Monte Carlo theory, methods and examples. url: <http://statweb.stanford.edu/~owen/mc/>

- Andriy Mnih Ruslan Salakhutdinov. Bayesian Probabilistic Matrix Factorization using Markov Chain Monte Carlo. url: <https://www.cs.toronto.edu/~amnih/papers/bpmf.pdf>

- Yee Whye Teh Welling. Bayesian Learning via Stochastic Gradient Langevin Dynamics. url: [https://www.ics.uci.edu/~welling/publications/papers/stoclangvin\\_v6.pdf](https://www.ics.uci.edu/~welling/publications/papers/stoclangvin_v6.pdf)

## 5. Gaussian Process and Variational Optimization

- Ryan P. Adams A Tutorial on Bayesian Optimization for Machine Learning. url: [https://www.iro.umontreal.ca/~bengioy/cifar/NCAP2014-summerschool/slides/Ryan\\_adams\\_140814\\_bayesopt\\_ncap.pdf](https://www.iro.umontreal.ca/~bengioy/cifar/NCAP2014-summerschool/slides/Ryan_adams_140814_bayesopt_ncap.pdf)

- Mauricio A. Alvarez, Lorenzo Rosasco, and Neil D. Lawrence. “Kernels for Vector-Valued Functions: a Review”. In: arXiv:1106.6251 [cs, math, stat] (June 2011). arXiv: 1106.6251. url: <http://arxiv.org/abs/1106.6251>

- Eduard Gabriel Bazzan. Fourier Kernel Learning. url: <http://www.maths.lth.se/matematiklth/personal/sminchis/papers/eccv12bls.Pdf>

- [David Barber. Optimization by Variational Bounding. url: <https://www.elen.ucl.ac.be/Proceedings/esann/esannpdf/es2013-65.pdf>

- Gaussian Processes for Machine Learning: Book webpage. url: <http://www.gaussianprocess.org/gpml/>

- Gaussian Process and Uncertainty Quantification Summer School 2017. original-date: 2016-12-22T22:57:23Z. July 2018. url: <https://github.com/gpschool/gpss17>

- James Hensman, Nicolas Durrande, and Arno Solin. “Variational Fourier features for Gaussian processes”. In: arXiv:1611.06740 [stat] (Nov. 2016). arXiv: 1611.06740. url: <http://arxiv.org/abs/1611.06740>

- Mehryar Mohri. Optimistic Bandit Convex Optimization. url: <https://cs.nyu.edu/~mohri/pub/bcop.pdf>

- Tim Salimans et al. “Evolution Strategies as a Scalable Alternative to Reinforcement Learning”. In: arXiv:1703.03864 [cs, stat] (Mar. 2017). arXiv: 1703.03864. url: <http://arxiv.org/abs/1703.03864>

- Bobak Shahriari. Taking the Human Out of the Loop: A Review of Bayesian Optimization. url: <https://www.cs.ox.ac.uk/people/nando.defreitas/publications/BayesOptLoop.pdf>

- Joe Staines and David Barber. “Variational Optimization”. In: arXiv:1212.4507 [cs, stat] (Dec. 2012). arXiv: 1212.4507. url: <http://arxiv.org/abs/1212.4507>

- Titsias. Variational Learning of Inducing Variables in Sparse Gaussian Processes. url: <http://proceedings.mlr.press/v5/titsias09a/titsias09a.pdf>

- Tianbao Yang. Nystrom Method vs Random Fourier Features: A Theoretical and Empirical Comparison. url: <https://papers.nips.cc/paper/4588-nystrom-method-vs-random-fourier-features-a-theoretical-and-empirical-comparison.pdf>

## 6. Sequential Data

- Blei. Exact Inference: Elimination and Sum Product (and hidden Markov models). url: <http://www.cs.columbia.edu/~blei/fogm/2015F/notes/inference.pdf>

- Henrik I. Christensen. Graphical Models & HMMs. url: <https://www.cc.gatech.edu/~hic/CS7616/pdf/lecture6.pdf>

- Eric P. Xing. Kalman Filtering. url: [http://www.cs.cmu.edu/~epxing/Class/10708-16/note/10708\\_scribe\\_lecture12.pdf](http://www.cs.cmu.edu/~epxing/Class/10708-16/note/10708_scribe_lecture12.pdf)

- Jonathan S. Yedidia. Understanding Belief Propagation and its Generalizations. url: <http://www.merl.com/publications/docs/TR2001-22.pdf>

- Thomas Minka. “Divergence Measures and Message Passing.” Accessed August 9, 2018. <https://pdfs.semanticscholar.org/40b0/02847cecc2e3cfaeae83e85393e57179a0c.pdf>