Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Институт прикладной математики и компьютерных наук

УТВЕРЖДЕНО:
Директор
А. В. Замятин

Оценочные материалы по дисциплине

Оценка состояний дважды стохастических потоков событий

по направлению подготовки

02.04.02 Фундаментальная информатика и информационные технологии

Направленность (профиль) подготовки:
Математика беспроводных сетей связи и интернета вещей

Форма обучения
Очная

Квалификация
Магистр

Год приема
2025

СОГЛАСОВАНО:
Руководитель ОП
С.П. Моисеева

Председатель УМК
С.П. Сущенко

Томск – 2025

1. Компетенции и индикаторы их достижения, проверяемые данными оценочными материалами

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ПК-3 Способен производить анализ особенностей функционирования инфокоммуникационных систем и предоставляемых на их основе услуг, оценивать качество предоставляемых услуг и формировать требования к показателям функционирования сервисов ИС в соответствии с запросами и отраслевыми нормами.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИПК-3.1 Осуществляет выбор методов анализа и обработки данных

2. Оценочные материалы текущего контроля и критерии оценивания

Элементы текущего контроля:

− посещаемость;
– контрольная работа;
− опрос на занятиях;
– коллоквиум.

Контрольная работа (ИПК-3.1)

Контрольная работа состоит из 2-х теоретических вопросов и 1-й задачи.

Перечень теоретических вопросов:

1. Построить математическую модель дважды стохастического асинхронного потока (MMPP-поток) событий.
2. Принципы построения рекуррентного соотношения для апостериорных вероятностей состояний процесса $\lambda(t)$ в дважды стохастическом потоке событий.

Пример задачи:

Построить матрицы инфинитезимальных характеристик процесса $\lambda(t)$ для асинхронного потока событий. Объяснить содержательный смысл элементов матриц.

Ответ к задаче.

$$\mathbf{D}_0 = \begin{Vmatrix} -(\lambda_1 + \alpha_1) & \alpha_1 \\ \alpha_2 & -(\lambda_2 + \alpha_2) \end{Vmatrix}, \ \mathbf{D}_1 = \begin{Vmatrix} \lambda_1 & 0 \\ 0 & \lambda_2 \end{Vmatrix}.$$

Элементами матрицы $\mathbf{D}_1$ являются интенсивности переходов процесса $\lambda(t)$ из состояния в состояние с наступлением события потока. Недиагональные элементы матрицы $\mathbf{D}_0$ – интенсивности переходов процесса $\lambda(t)$ из состояния в состояние без наступления события. Диагональные элементы матрицы $\mathbf{D}_0$ – интенсивности выхода процесса $\lambda(t)$ из своих состояний, взятые с противоположным знаком.

Критерии оценивания:

Результаты контрольной работы определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Оценка «отлично» выставляется, если даны правильные ответы на оба теоретических вопроса, и задача решена без ошибок.

Оценка «хорошо» выставляется, если даны ответы на оба теоретических вопроса, хотя и с погрешностями, и задача решена без ошибок.

Оценка «удовлетворительно» выставляется, если: а) даны правильные ответы на оба теоретических вопроса, но задача не решена или решена неверно; б) даны ответы на оба теоретических вопроса, хотя и с погрешностями, и задача решена с ошибками.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется, если: а) даны неверные ответы на оба теоретических вопроса, и задача решена с ошибками; б) отсутствуют ответы на теоретические вопросы, задача решена с ошибками или ее решение отсутствует.

Коллоквиум (ИПК-3.1)

Коллоквиум предполагает письменный вариант ответа на билет из 2-х теоретических вопросов.

Перечень теоретических вопросов:

1. Характеристики математических моделей дважды стохастических потоков событий.
2. Алгоритм принятия решения о состоянии процесса $\lambda(t)$ в произвольный момент времени.

За коллоквиум ставится «зачёт», если даны правильные ответы на оба вопросы из предложенного варианта либо даны ответы с незначительными погрешностями.

3. Оценочные материалы итогового контроля (промежуточной аттестации) и критерии оценивания

Контрольные вопросы для проведения промежуточной аттестации в форме зачёта:

1. Об истории возникновения дважды стохастических потоков событий.
2. MAP-поток событий (МС-поток) и его свойства.
3. Марковость процесса $\lambda(t)$ для MAP-потока событий.
4. Функция распределения длительности пребывания процесса $\lambda(t)$ в i-м состоянии.
5. Построение матрицы инфинитезимальных характеристик процесса $\lambda(t)$. О физическом смысле инфинитезимальных характеристик.
6. Вывод рекуррентного соотношения для апостериорных вероятностей состояний.
7. Оптимальная оценка состояний асинхронного потока. Вывод дифференциального уравнения Риккати для апостериорных вероятностей.

Пропуски занятий, несданный или неудовлетворительно написанный коллоквиум по лекционному материалу, написанная на «неудовлетворительно» контрольная работа влекут за собой необходимость ликвидации перечисленных задолженностей для получения допуска к зачёту.

Если студент имеет допуск к зачёту, то промежуточная аттестация проходит по типовому билету. Экзаменационный билет включает два вопроса. Оба вопроса нацелены на проверку компетенции ИПК-3.1

Типовой экзаменационный билет имеет следующий вид.

Томский государственный университет
Институт прикладной математики и компьютерных наук
Кафедра прикладной математики

Оценка состояний дважды стохастических потоков событий

1. Определение MAP-потока событий. Матрица инфинитезимальных характеристик. Временная реализация случайного процесса $\lambda(t)$.
2. Вывод дифференциального уравнения Риккати для апостериорных вероятностей состояний MAP-потока событий.

Зав. кафедрой, д.ф.-м.н., профессор ______________ */Л.А. Нежельская/*

Результаты зачёта определяются оценками «зачтено», «не зачтено» в соответствии с приведённой ниже таблицей для студента, имеющего допуск к зачёту.

Не зачтено	Не зачтено	Зачтено
Нет ответа ни на один из двух вопросов билета	Имеется ответ на один из двух вопросов билета	Имеются полные с доказательствами ответы на оба вопроса в билете

Если студент не имеет допуска к зачёту, но желает пройти промежуточную аттестацию *(студент имеет право проходить промежуточную аттестацию вне зависимости от результатов текущей успеваемости)*, то для него промежуточная аттестация проходит по нетиповому билету. Экзаменационный билет включает три вопроса. Все три вопроса нацелены на проверку компетенции ИПК-3.1.

Нетиповой экзаменационный билет имеет следующий вид.

Томский государственный университет
Институт прикладной математики и компьютерных наук
Кафедра прикладной математики

Оценка состояний дважды стохастических потоков событий

1. Определение MAP-потока событий. Матрица инфинитезимальных характеристик. Временная реализация случайного процесса $\lambda(t)$.
2. Вывод дифференциального уравнения Риккати для апостериорных вероятностей состояний MAP-потока событий.
3. Вывод системы дифференциальных уравнений для априорных вероятностей состояний MAP-потока событий. Нахождение решения полученной системы.

Зав. кафедрой, д.ф.-м.н., профессор ______________ */Л.А. Нежельская*

Результаты зачёта определяются оценками «зачтено», «не зачтено» в соответствии с приведённой ниже таблицей для студента, не имеющего допуска к зачёту.

Не зачтено	Не зачтено	Зачтено	Зачтено
Нет ответа ни на один из трёх вопросов билета	Имеется ответ на один или два из трёх вопросов билета	Имеются полные с доказательствами ответы на два вопроса в билете и ответ на третий вопрос	Имеются полные с доказательствами ответы на три вопроса в билете

4. Оценочные материалы для проверки остаточных знаний (сформированности компетенций)

Тесты:

1. Какие из перечисленных ниже матриц инфинитезимальных характеристик процесса $\lambda(t)$ относятся к MAP-потоку событий (ИПК-3.1)?

а) $\mathbf{D}_0 = \begin{Vmatrix} -(\lambda_1+\alpha_1) & \alpha_1 \\ \alpha_2 & -(\lambda_2+\alpha_2) \end{Vmatrix}$, $\mathbf{D}_1 = \begin{Vmatrix} \lambda_1 & 0 \\ 0 & \lambda_2 \end{Vmatrix}$;

б) $\mathbf{D}_0 = \begin{Vmatrix} -\lambda_1 & 0 \\ 0 & -\lambda_2 \end{Vmatrix}$, $\mathbf{D}_1 = \begin{Vmatrix} (1-p)\lambda_1 & p\lambda_1 \\ q\lambda_2 & (1-q)\lambda_2 \end{Vmatrix}$;

в) $\mathbf{D}_0 = \begin{Vmatrix} -\lambda_1 & 0 \\ \alpha_2 & -(\lambda_2+\alpha_2) \end{Vmatrix}$, $\mathbf{D}_1 = \begin{Vmatrix} (1-p)\lambda_1 & p\lambda_1 \\ 0 & \lambda_2 \end{Vmatrix}$;

г) $\mathbf{D}_0 = \begin{Vmatrix} -\lambda_1 & \lambda_1 P_0(\lambda_2 \mid \lambda_1) \\ \lambda_2 P_0(\lambda_1 \mid \lambda_2) & -\lambda_2 \end{Vmatrix}$, $\mathbf{D}_1 = \begin{Vmatrix} \lambda_1 P_1(\lambda_1 \mid \lambda_1) & \lambda_1 P_1(\lambda_2 \mid \lambda_1) \\ \lambda_2 P_1(\lambda_1 \mid \lambda_2) & \lambda_2 P_1(\lambda_2 \mid \lambda_2) \end{Vmatrix}$.

2. Выбрать из предложенных ниже априорные финальные вероятности состояний процесса $\lambda(t)$для синхронного потока событий.

а)
$$\pi_1 = \frac{\lambda_2[1-P_1(\lambda_2 \mid \lambda_2)]}{\lambda_1[1-P_1(\lambda_1 \mid \lambda_1)]+\lambda_2[1-P_1(\lambda_2 \mid \lambda_2)]},$$
$$\pi_2 = \frac{\lambda_1[1-P_1(\lambda_1 \mid \lambda_1)]}{\lambda_1[1-P_1(\lambda_1 \mid \lambda_1)]+\lambda_2[1-P_1(\lambda_2 \mid \lambda_2)]}.$$

б) $\pi_1 = \dfrac{\alpha_2}{p\lambda_1+\alpha_2}$, $\pi_2 = \dfrac{p\lambda_1}{p\lambda_1+\alpha_2}$.

в) $\pi_1 = \dfrac{q\lambda_2}{p\lambda_1+q\lambda_2}$, $\pi_2 = \dfrac{p\lambda_1}{p\lambda_1+q\lambda_2}$.

г) $\pi_1 = \dfrac{\alpha_2}{\alpha_1+\alpha_2}$, $\pi_2 = \dfrac{\alpha_1}{\alpha_1+\alpha_2}$.

Правильные ответы: 1 г), 2 в).

Задачи:

Задача 1 (ИПК-3.1).

Вывести дифференциальное уравнение Риккати для апостериорной вероятности первого состояния процесса $\lambda(t)$ для асинхронного потока событий при полной наблюдаемости потока.

Задача 2 (ИПК-3.1).

Решить систему дифференциальных уравнений для априорных вероятностей состояний полусинхронного потока событий.

Ответы:

Задача 1. $\dfrac{dw(\lambda_1 \mid t)}{dt} + (\alpha_1+\alpha_2+\lambda_1-\lambda_2)w(\lambda_1 \mid t) - (\lambda_1-\lambda_2)w^2(\lambda_1 \mid t) = \alpha_2$.

Задача 2.

$$\pi_1(t \mid t^0) = \frac{\alpha_2}{p\lambda_1+\alpha_2} - \left(\frac{\alpha_2}{p\lambda_1+\alpha_2} - \pi\right)e^{-(p\lambda_1+\alpha_2)(t-t^0)},$$
$$\pi_2(t \mid t^0) = \frac{p\lambda_1}{p\lambda_1+\alpha_2} + \left(\frac{\alpha_2}{p\lambda_1+\alpha_2} - \pi\right)e^{-(p\lambda_1+\alpha_2)(t-t^0)}.$$

Теоретические вопросы:

1. Этапы построения математических моделей дважды стохастических потоков событий (в частности, MAP-потока событий) (ИПК-3.1).

Ответ должен содержать анализ данных о дважды стохастическом потоке событий и результатов наблюдений за потоком, в частности, функцию распределения длительности интервалов между событиями потока в каждом состоянии; функцию распределения длительности пребывания процесса $\lambda(t)$ в том или ином состоянии; матрицу инфинитезимальных характеристик процесса $\lambda(t)$; рисунок, представляющий одну из реализаций процесса $\lambda(t)$ и наблюдаемого потока событий; явный вид априорных финальных вероятностей процесса $\lambda(t)$.

2. Условия неполной наблюдаемости потока событий. Мёртвое время. Формирование наблюдаемого потока событий (ИПК-3.1).

Ответ должен содержать анализ данных о дважды стохастическом потоке событий, функционирующем в условиях непродлевающегося мёртвого времени, и анализ результатов наблюдений в условиях неполной наблюдаемости за потоком: описание условий неполной наблюдаемости потока; определение мёртвого времени; рисунок, на котором показан процесс формирования наблюдаемого потока событий.

3. Почему для оценивания состояний дважды стохастического потока событий выбран критерий максимума апостериорной вероятности (ИПК-3.1)?

Ответ должен содержать анализ результатов наблюдений за потоком событий, в частности, необходима оценка функции вероятности ошибки принятия решения о состоянии потока по моментам наблюдения за потоком для выбранного критерия.

Информация о разработчиках

Нежельская Людмила Алексеевна, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой прикладной математики