**ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», Российская Федерация**

**Связь меры Хартли и меры Больцмана**

Резюме:

I. Введение и организационные моменты (0:00 - 1:01)

* *[0:00] (Звуки подключения, шум модема)*
* [0:05] Ну что, здравствуйте, ребята.
* [0:08] Здравствуйте!
* [0:09] Здравствуйте. Здравствуйте, здравствуйте.
* [0:12] Значит, открываю совместный доступ.
* [0:16] И сейчас мы будем, будем заниматься по пособию.
* *[0:21] (Звук подключения)*

II. Представление лекции и метаданные (0:22 - 1:01)

* [0:23] Так, ребята. Ну, значит, информация о том, что у нас сейчас за занятие. У нас сегодня 15 октября 2020 года.
* [0:31] Шестая пара, которая идет с 17:20 до 18:50.
* [0:37] Лекция номер семь.
* [0:39] Тема лекции 10.3: Связь меры Хартли и меры Больцмана.
* [0:46] По дисциплине "Теория информации, данные, знания".
* [0:50] Занятие ведёт профессор, профессор Луценко Евгений Вениаминович.
* *[0:55] (Звуки помех)*
* [1:02] Вот это пособие наше, которое я когда-то написал месяц назад.
* [1:10] И...
* [1:14] 10.3.
* *[1:16] (Набирает на клавиатуре)*
* *[1:18] (Звук ошибки Windows)*

III. Мера информации Больцмана (1:28 - 3:46)

* A. Определение и формула (1:28 - 1:44)
	+ [1:28] Ну, вот, ребята. Значит, мера информации Больцмана.
	+ [1:33] Э-э, это разность начальной и конечной энтропии системы. Энтропия измеряется логарифмом числа состояний, если равновероятные состояния.
* B. Визуализация формулы и логарифмы (1:45 - 2:25)
	+ [1:45] Значит, мы видим соответствующие формулы. Я так понимаю, я вам э-э открыл доступ.
	+ *[1:50] (Помехи)*
	+ [1:51] Эта формула.
	+ [1:53] Э-э... Если у нас в начальном состоянии было N1 разных вариантов поведения системы или N1 элемент системы, вот, то в конечном N2, то разность логарифмов этих э-э числа состояний в начальном и конечном состоянии системы – это как раз и есть мера Больцмана.
	+ [2:15] Логарифм сейчас принято брать в теории информации, когда мы говорим об информации, берётся логарифм по основанию 2. Но основание логарифма, оно не меняет самого значения э-э, э-э... числовое значение меняет, а самого значения не меняет.
* C. Аналогия с единицами измерения (2:30 - 3:07)
	+ [2:30] Ну это примерно как вот килограмм... взять, допустим, муки, килограмм муки, и сколько это будет пудов? Ну там будет, допустим, 0,37 пуда, например. Так вот 0,37 пуда и килограмм – это одно и то же. Просто э-э, то есть количество муки одно и то же.
	+ [2:51] Просто разные единицы измерения, в которых мы измеряем это количество.
	+ [2:55] Так вот также и когда мы берём логарифм по другому основанию, то числа получаются другие, но это не потому, что количество информации другое, а потому что просто разные единицы измерения.
* D. Единицы измерения информации (биты, ниты, диты) (3:07 - 3:46)
	+ [3:07] Если мы возьмём э-э, логарифм по основанию 2, то будет у нас количество информации в битах измеряться.
	+ [3:19] Если возьмём по основанию э-э Е, натуральный логарифм, тогда будет в нитах измеряться количество информации. Если же мы возьмём э-э десятичный логарифм, тогда будет в дитах измеряться количество информации. То есть, речь идёт только об единицах измерения информации. Только этим отличие заключается, когда мы берём разные основания логарифма.

IV. Мера информации Хартли (3:46 - 3:57)

* [3:46] Но мера Хартли – это просто логарифм числа состояний.
* [3:50] Ну мы видим, что, конечно, мера Больцмана напоминает очень внешне, видно, что она похожа на меру Хартли.

V. Связь мер Больцмана и Хартли (3:57 - 4:51)

* A. Хартли как частный случай Больцмана (3:57 - 4:29)
	+ [3:57] Вот. Но могу вам сказать, что получается очень элементарно, совершенно просто, что если у нас конечное состояние системы не имеет какой-то вариабельности, то есть однозначно, нет никаких там вариантов, то тогда N2 равно единице, а логарифм от единицы равен нулю. Получается, что логарифм э-э по основанию 2 от начального числа состояний минус логарифм единицы, то есть ноль, получается мера Больцмана элементарно получается мера Хартли.
* B. Формулировка взаимосвязи (4:28 - 4:51)
	+ [4:28] То есть можно так сказать, что мера Хартли является вариантом меры Больцмана для случая, когда э-э конечное состояние полностью определено. Конечное состояние системы полностью определено, является полностью определённым.

VI. Пример с игральным кубиком (4:51 - 6:59)

* A. Сценарий 1: Точный исход (мера Хартли = мера Больцмана) (4:51 - 5:33)
	+ [4:51] Например, если мы кидаем кубик игральный, вот, и у него шесть граней, то выпадает какая-то грань кубика, ну, допустим, тройка. Вот. И по мере Хартли мы получаем э-э логарифм шести. Вот, количество бит информации, которое мы получаем, когда узнаём, что такое исход этого эксперимента.
	+ [5:17] И по мере Больцмана то же самое, потому что у нас в начальном состоянии было шесть вариантов, а в конечном – один вариант, то есть точно известно, какое выпало число, да, на кубике. Поэтому логарифм тоже шести получается. То есть оно совершенно одинаковый даёт результат.
* B. Сценарий 2: Исход - четное число (мера Больцмана = 1 бит) (5:33 - 6:59)
	+ [5:33] А вот если э-э выпало не шесть, а выпало чётное что-то, например. То есть мы кинули кубик с шестью гранями, и выпало чётное. То тогда что? О чём мы тогда можем сказать? Мы можем тогда сказать, что мы получили по мере Больцмана, если измерять это количество информации, мы получили количество информации равное одному биту. Почему?
	+ [5:57] Смотрите, значит, мы берём N1 у нас равно шести, а логарифм, а N1 = 6, а N2 равно трём, потому что из шести граней половина является чётными, половина нечётными. Если нам сказали, что выпало чётное, то у нас N2 стало не единица равно, то есть точно известный результат, полная определённость, а осталось некоторая неопределённость, равная трём. Логарифм э-э шести минус логарифм трёх - это логарифм 6 / 3. То есть разность логарифмов - это логарифм отношения этих вот э-э выражений, которые под логарифмом находятся. Логарифм отношения равен разности логарифма числителя и знаменателя. Получается так, что просто мы м-м 6 делим на 3, получается 2. Логарифм, логарифм по основанию 2 от двойки равен единице. То есть мы получаем 1 бит информации.
	+ [6:58] Извините.

VII. Перерыв на телефонный звонок 1 (Марина Евгеньевна, журнал) (6:59 - 9:38)

* [7:00] Да?
* [7:02] Алло. Здравствуйте, Евгений Вениаминович. Здравствуйте. Это Марина Евгеньевна из журнала "Заводская лаборатория. Диагностика материалов".
* [7:11] Мы с вами работали когда-то.
* [7:14] Вот сегодня я с Александром Ивановичем поговорила. Мы с ним... Вот, чтоб из всех, кто, с кем мы работали, кто печатался в журнале. Угу. Евгений Вениаминович, не хотите нам статейку написать?
* [7:30] Хочу. Но только сейчас я занятие веду, лекция. А? Только единственное, я сейчас лекцию читаю.
* [7:37] Ну ничего страшного, когда будет время, просто вот до Нового года, может быть, вот как бы...
* [7:42] А может, вы мне напишете письмо, чтоб я не забыл?
* [7:45] Ладно, хорошо. Я найду вашу почту, скорее всего.
* [7:49] [ProfLucenko@gmail.com](https://www.google.com/url?sa=E&q=mailto%3AProfLucenko%40gmail.com)
* [7:51] Как ещё раз?
* [7:52] [ProfLucenko@gmail.com](https://www.google.com/url?sa=E&q=mailto%3AProfLucenko%40gmail.com). Ага. Проф.lucenko... Угу, понятно.
* [7:59] ...gmail.com. Она в контактах в журнале есть.
* [8:02] А, нет, у меня... А, найду, найду, найду, найду. Я найду, конечно, в архиве найду. Хорошо, давайте я вам тогда просто, чтоб вы не забыли, а вы просто имейте в виду, что как бы мы хотели бы получить от вас статеечку. Хорошо?
* [8:13] Спасибо большое. Договорились? Да. А вы, а вы на сайтик наш заходите иногда тоже. Я понимаю, что у вас только...
* [8:19] Сейчас у нас, сейчас у нас аттестация, аккредитация, и, в общем, полный завал, если так по-простому сказать. Времени сейчас нет. Просто вообще кошмар какой-то, да. Вот я веду занятия, мне непрерывно звонят, пришли то, пришли сё. Ясно, всё понятно. Вот такой вот.
* [8:33] Ну наступит когда такая более-менее спокойный период. Я думаю, что нет. Не наступит? Не-не, нет. Ну я много всего видел, уже длительное время, так сказать, наблюдаю, и пока что только хуже становится всё. О, господи. Ну да, это всё нам понятно. Да. А вот у вас нет удалёнки там никакой сейчас? Есть, вот я сейчас, вот сейчас я веду занятие, вот прямо вот сейчас. У вас онлайн, да? Да, сейчас вот студенты все меня слышат в двух университетах. Всё понятно. Да я понимаю всё это, да, что это уже обсуждать нечего, уже все всё обсудили, да, это всё. Уже обсуждать такие вещи мы не будем. Да, я всё поняла. Ну тогда в любом случае, желание есть, слава богу. У нас большая к вам просьба. Так что напоминание напишу, будет время... Пожалуйста, да, пожалуйста. Договорились? Да, всё есть у меня, что для этого нужно. Замечательно. Кроме, кроме времени только. Хорошо. Угу, спасибо. Когда есть желание, действительно найдём время. Всего вам хорошего. Пока-пока. Вам тоже, вам тоже. До свидания.
* *[9:35] (Звук завершения звонка)*

VIII. Возобновление лекции: Пример с кубиком (продолжение) (9:47 - 10:18)

* [9:47] Вот, ребят. Так вот, если мы в конечном состоянии имеем неопределённость равную трём, то есть у нас так и осталось неясно, не шесть выпало, или четыре, или два, то тогда мы логарифм шести отнимаем логарифм трёх, что равно единице. То есть получается, что э-э кубик, у котором только чётные и нечётные грани, он эквивалентен монетке, грубо говоря, орёл-решка. И получается один бит, что совпадает и с мерой Хартли тоже.

IX. Мера Хартли как частный случай (повторение и вывод) (10:19 - 10:40)

* [10:19] То есть мера Хартли может рассматриваться как частный случай меры Больцмана при энтропии конечного состояния равном э-э нулю, то есть при полностью определённом конечном состоянии системы.
* [10:31] Но мера Больцмана, она мне в таком философском смысле или теоретическом нравится больше. Почему? Потому что она э-э несёт такую нагрузку смысловую, что когда у нас неопределённость состояния системы э-э не до нуля уменьшается, а ещё только остаётся какая-то, то вот эта вот разность начальной и конечной неопределённости энтропии, она и представляет собой количество информации. То есть количество информации может измеряться разностью э-э неопределённости начального и конечного состояния.

X. Значение меры Больцмана (11:07 - 11:26)

* [11:07] Это очень глубокая мысль, вот, которая там, в общем, на памятнике Больцмана есть, и которая вышла, вошла вообще в арсенал науки, в золотой фонд. И, собственно, так вот и понимают сейчас, что такое количество информации. Это именно вот так и понимают. Это степень снятия неопределённости.

XI. Переход к мере Шеннона (11:32 - 11:45)

* [11:32] Теперь рассмотрим следующий вопрос. Вопрос учебный 10.4: Мера Шеннона и её связь с мерой Хартли. Ну, мера Хартли – наиболее такая примитивная мера количества информации.
* *[11:45] (Звук входящего звонка)*

XII. Перерыв на телефонный звонок 2 (Аня, документы) (11:47 - 16:08)

* [11:47] Извините.
* [11:49] Да? Аня, привет.
* [11:51] Евгений Вениаминович, добрый вечер. А смотрите, вы мне писали по криминалистике. Да, правильно. То есть я там... А кто там напишет, скажем так? А это дисциплина моя вот эта информационно-коммуникационные технологии в научно-следственной деятельности и образовании. Но для криминалистов. Она для всех аспирантов читается, абсолютно для всех одно и то же.
* [12:14] Там написано: руководитель отдела Карасевский.
* [12:18] Что-то я не понял. Сейчас... руководитель отдела Карасевский.
* [12:24] Это в смысле, ты подпишешь этим этой... Или там так написано? Рецензия на УП криминалистика. Подпись зав кафедры процессуального права. Тогда получилось, получается так, что надо её переделать, короче говоря. Ага.
* [12:42] Да, я не смотрел, я сейчас занятие просто веду. Вот, поэтому... Я могу ещё раз уже отдел кадров ушёл. Понятно. Ну, завтра, значит. То есть мне надо её... подпишите как надо, а завтра я подпишу с утра. Хорошо. Угу. Евгений Вениаминович, я вам отправила на почту списки рецензентов. А, они уже подписали, Аня, уже всё, спасибо. А, это не надо, да? Да, это уже не надо. Там сроки у них. Сейчас вообще какой-то кошмар. У нас рабочие дни суббота-воскресенье, в общем, всё, приплыли, называется. Ну я... мы тогда работали во время аккредитации, я знаю. Угу. Евгений Вениаминович, а кто вот, кто руководитель вот этой вот УП? По 090402?
* [13:24] Это юристы, что ли? Или что ты имеешь в виду? Не-не, это прикладная информатика. А. Магистратура передала нам. Лукьяненко. Татьяна Викторовна. А кто занимается УП? Она и занимается, Лукьяненко Татьяна Викторовна. Она и зав кафедрой сейчас. Кирилл Иванович, ты ж, наверное, знаешь же, что? Приболел. Знаю, мне звонила сегодня Татьяна Петровна. Я я говорю, я хотела поехать, она говорит, туда никого не пускают. Да, да. В общем, там тяжело там. И вот у нас назначили такого временного руководителя, говорят надолго. Декан мне сейчас звонил, говорил. Понятно. Она и занимается этим. Она такая, ну, может, ты её видела, по-моему. Евгений Вениаминович, у меня вот такой вот просьба такая. Мне нужна вот эта УП и учебный план. У вас же сейчас это всё сделано в соответствии с последними самыми требованиями? Ну я спрошу её. Дайте, пожалуйста. Я её спрошу, я её спрошу, я её спрошу. Потому что я хочу открывать магистратуру, но не такую похожую. Вот. И мне нужны последние самые... Ну ясно, ясно. Но они у нас каждый день меняются, так что они не последние. Именно у меня какую-нибудь, не какую-нибудь крайнюю версию. Ясно, ясно. Именно по магистратуре, да? Да, только по... Мне нужен учебный план и УП. УП, УП, УП, УП. Алло? Да я записал. Спасибо. Я понимаю, а у Богулы нет такой? Наверное, есть, но я точно не знаю. Там, там есть Даша такая. Поможет мне вот эту. Ага. Там есть Даша Замотайлова, может быть, она вот занимается всем этим. Короче, вот там везде... Да вообще кошмар, если честно. Всех, кого я знаю, заведующих кафедрами, все в больницах. Мне сегодня Татьяна Петровна... Да не только... аккредитации, во время аккредитации я 2 часа, 3 часа была в университете. Да у нас был, у нас был не то, что, у нас была самая эта, знаете что? детективная история. То есть вот сегодня она приходит моя проверяющая, говорит, что всё нормально, а завтра они всё вас закрываем. Ну это я знаю. Мне мне мне Ермоленко рассказывал. Это было просто... Что унижали их там, и, в общем, всё там было. Ну хорошо, Аня, спасибо большое тебе. Держись. Угу. Спасибо.
* *[16:06] (Звук завершения звонка)*

XIII. Возобновление лекции: Клод Шеннон и его теория (16:16 - 17:12)

* A. Введение в тему Шеннона (16:16 - 16:25)
	+ [16:19] Значит, теперь, э-э, я вам расскажу очень коротко о Клоде Шенноне.
* B. Биографический контекст Шеннона (16:25 - 16:52)
	+ [16:25] Это выдающийся американский учёный, инженер, математик, основоположник современной теории информации. Но так как вот о нём говорят, как основоположник современной теории информации, он, значит, он сам с этим не соглашался. То есть у него было очень чёткое понимание того, что информация всё-таки это не данные. То есть он это чувствовал интуитивно. Эти слова он использовал в разном смысле.
* C. Связь с понятиями "данные", "информация", "знание" (16:53 - 17:12)
	+ [16:53] И очень похожим на тот, который вот я вам, когда рассказывал про соотношение понятий данные, информация и знания, я вам это понятие излагал. Сейчас оно, конечно, уже хорошо разработано в науке, уже многие учёные его придерживаются. И я в том числе, много лет уже, лет 20, наверное.

XIV. Перерыв на запрос студента о подключении (17:12 - 18:14)

* [17:12] Что-что? Я извиняюсь, что перебиваю... А я просто извиняюсь, что перебиваю, тут девочки не могут э-э подключиться. А, пожалуйста, примите из заявки на пару.
* [17:21] Это в действиях или где это? Где это сделать, Наташ?
* [17:27] А я не знаю, вы... Ну, у нас первый раз такое, тут приглашают.
* [17:34] Обычно там внизу появляется сообщение, что хотят они подключиться. Я нажимаю, выхожу в такой режим, где написано: "Принять". И принимаю, и все дела. А сейчас я что-то... Да-да, вот я сейчас принял. Запрос принят, принял. Надежда, Анастасия, да? Правильно? Вот.
* [17:59] Да, там Маша должна была.
* [18:01] Ну вот, видите, получилось.

XV. Возобновление лекции: Шеннон и его вклад (18:16 - 19:53)

* A. Мнение Шеннона о своей теории (18:16 - 19:24)
	+ [18:16] Так вот сам э-э Клод Шеннон, он, я думаю, что будет, не будет преувеличением сказать, что это гениальный учёный. То есть он огромный вклад внёс. По сути дела, он разработал современные математические методы описания передачи данных по каналам связи. Вот. И, значит, есть и другие учёные, которые внесли в это большой вклад. Скажем, академик Котельников. Теорема Котельникова у нас называется теорема Котельникова, а в США называется теоремой Шеннона об отсчётах. Значит, но это одна теорема, а вся вот теория информации, по сути дела, разработана Шенноном. Вот. И э-э он отказывался от такого её названия. Он говорил так, что это теория передачи данных по каналам связи. Значит, его многие длительное время его учёные не воспринимали. То есть им казалось, что он какой-то электронщик там или инженер по связи, что-то такое вот, что-то там с проводами связано, то есть какими-то каналами. То есть никто и не понимали. То есть было время, когда э-э цифровая технология ещё не получила развития, и, в общем, казалось, что э-э аналоговые сигналы, там всё понятно. А вот это вот вообще непонятно что.
* B. История с теоремой Котельникова (19:30 - 21:31)
	+ [19:30] Кстати, по этой причине теорему Котельникова и статью его по э-э теории этой оцифровки сигналов и потому какие спектры получаются при том, при том, что какая-то там та или иная частота отсчётов. Вот, он связывал спектр передаваемый э-э цифровым сигналом с частотой отсчётов. Совершенно верно это делал, и Шеннон потом это же то же самое сделал. Академик Котельников это сделал ещё в молодости, доказал эту теорему, когда далеко не был академиком. И он не смог, ребята, вот слушайте внимательно, он не смог опубликовать статью с этой своей теоремой, э-э, значит, о передаче информации по цифровым каналам связи в Советском Союзе он не смог её опубликовать. Почему? Потому что рецензенты, доктора наук, профессора, которые тогда занимались связью, они вообще ничего не понимали в цифровых технологиях, их тогда не существовало. А Котельников, он намного-намного лет предвосхитил развитие этих вот технологий. То, что сейчас нам э-э общеизвестно, сейчас уже не цифровых каналов связи практически не осталось. А тогда, значит, это вообще было непонятно никому. И ему не дали положительных рецензий. Он несколько раз пытался в разные журналы, ему всё время давали, что какой-то бред вообще там, такое вот такие отзывы были, что непонятно, в своём ли уме этот автор. Ну вот в таком вот плане оскорбительном наши советские академики там, эти профессора писали отзывы на эту статью. И он несколько раз так вот получил такие отзывы, и потом перестал пытаться публиковать эту теорему свою. И теперь в результате во всём мире она называется теоремой Шеннона. Вот. А, значит, он, Шеннон доказал её через 15 лет, ребята.
* C. Трудности Шеннона и признание (21:22 - 21:53)
	+ [21:22] Вот. Но надо сказать, что Шеннону тоже доставалось, несладко было ему. То есть тоже ему приходилось преодолевать проблемы, тоже ему не всегда публиковали. Я уже сказал, что вообще его не воспринимали как учёного, который разработал новое направление науки, по сути дела. Причём направление науки, которое предопределило очень в большой степени э-э современное вот это э-э успех развития цифровых технологий. Понимаете?

XVI. Контекст: Научные революции Томаса Куна (21:54 - 22:58)

* [21:54] Трудны пути науки, короче говоря.
* [21:56] Есть э-э хорошая очень, очень хорошая есть э-э работа Кона... Сейчас я попробую её найти. Научные революции.
* *[22:10] (Набирает на клавиатуре)*
* [22:38] Вот. Концепция научных революций Томаса Куна. Я вам советую познакомиться. То есть, развитие науки – драматичный процесс, сложный, э-э, в личностном плане для учёных. Э-э, погоду в науке делают учёные, которые достигли уровня, работают в области, в тех областях науки, которые достигли социализации, то есть являются общепризнанными. А те учёные, которые выдвигают новые идеи, вот, они их травят там, и на работу не берут, и с ними что угодно там делают, не дают публиковать свои работы годами. Вот академику Котельникову только удалось через 15 лет опубликовать свою статью, когда уже была известна теорема Шеннона во всём мире. Понимаете?

XVII. Визуализация Клода Шеннона (23:30 - 24:08)

* [23:30] Вот этот Клод Шеннон. Хороший такой парень. Вот. Это в период, когда он э-э совершил свои научные открытия. В руках он держит перфоленту. Я тоже когда-то держал перфоленту в руках, когда работал в восемьдесят первом году на компьютерах СМ-4 и Электроника-60, Электроника-80. Там перфолента использовалась в качестве внешнего носителя информации. Ну, на Электронике, на СМке там диски были, ленты, а на Электронике перфолента была.

XVIII. Применение меры Хартли Шенноном (24:08 - 26:09)

* A. Исходная идея и формула (24:08 - 24:27)
	+ [24:08] Вот. Значит, так вот, ребята, Клод Шеннон попытался использовать формулу Хартли э-э, вот эту классическую известную нам, для того, чтобы посчитать, какое количество информации содержится в сообщении. И сколько информации приходится в среднем на символ, нужно было посчитать.
* B. Учет частоты символов (24:28 - 24:58)
	+ [24:28] Если у нас есть в алфавите каком-то М различных символов, М... Вот, а итый - это символ этого, итый символ этого алфавита. Вот. И пусть этот итый символ алфавита встречается в тексте каком-то, который мы передаём по каналу связи, n итый раз.
* C. Вероятность символа (проблематика формулы) (24:58 - 25:52)
	+ [24:58] Неважно, где они там находятся эти символы Аиты в сообщении, хоть подряд, хоть они там разбросаны. Тогда вероятность встречи э-э каждого из этих символов Аита, если их там n итый раз, равна 1 / n итый. Но эта формула может вызвать некоторое сомнение. Вот у меня, например, она вызывает такие ощущения, что что-то здесь не то. Э-э... Потому что, ну, я скажу так, во-первых, м-м... если считать относительную частоту, то это число успешных реализаций к числу всех, всех опытов, числу всех наблюдений. Не так это записывается, не 1 / n итый.
* D. Альтернативный расчет вероятности (25:52 - 26:09)
	+ [25:52] С другой стороны, в защиту Шеннона могу сказать вам, что если вот мы имеем кубик, например, с шестью гранями, то вероятность выпадения одной из них равна 1/6. Да? Верно же? То есть получается, что, в общем-то, есть основания так считать.

XIX. Перерыв на запрос студента о подключении 2 (26:12 - 27:19)

* [26:12] Евгений Геннадьевич, Да. У нас тут девочки не могут присоединиться к нам в лекцию. Не могут попасть? Да. Стрюкова, Лиза Кола, Даша Белоусова, они уже ждут. Вот пишет нам чат, ждём согласия преподавателя. А я вот, а я не вижу, чтобы здесь были запросы, которые надо принять. Ну они по ссылке зашли, которую вы скидывали, и не могут. Вот мы вот, я тоже долго не могла зайти, сейчас подключилась. Ну на сорок точка. Да вы что? Угу. Ну давайте я вообще закрою этот э-э Teams, опять открою. Что я, я не знаю, что делать в таком случае. Потом могу открыть его. У меня сейчас тут два компьютера: ноутбук вот справа лежит и слева большой компьютер, на котором я вот занимаюсь с аграрным университетом. И я могу вообще выключить, скажем, этот ультрабук, а на большом включить Teams. Он там, собственно, и включён. Тоже могу выйти, зайти. Ну такое что-нибудь. Ну давайте тогда ноутбук я выключу. Но я не знаю, как они, может быть, они начнут конфликтовать, как те системы, которые я использую. Я использую Webex систему. Сейчас я здесь тоже...

XX. Возобновление лекции: Формула Шеннона (28:04 - 31:09)

* A. Вход с другого компьютера (28:04 - 28:55)
	+ [28:04] *[Звук входа в систему, эхо]*
	+ [28:46] Вот. Теперь я с другого компьютера зашёл в этот Teams. Как вы это оцениваете? Видно, нет?
* B. Проверка подключения студентов (28:56 - 29:30)
	+ [28:58] Что-то там только трое студентов. Действительно маловато что-то как-то. Вы меня слышите там? Настя, например, Наташа, Юлия? М? Здесь не работает из-за того, что Webex запущен, из-за этого Teams не запускается.
* C. Продолжение вывода формулы Шеннона (29:30 - 31:09)
	+ [29:38] Вот. Так вот, что сделал Клод Шеннон? Он, э-э, я могу сказать так, что вот это выражение 1/n - это выражение, оно соответствует представлению о том, что с кубиком мы видим. То есть шесть граней, вероятность выпадения любой из них 1/6. То есть, в принципе, достаточно логично то, что он взял именно вот такое выражение использовал для вероятности попадания на итый символ. Теперь получается так, что если у него э-э... вопрос какой возникает? Какое количество информации по Хартли мы получаем, узнав, что выпала некоторая конкретная грань кубика? Логарифм n это, да, у нас получается. А аналогично по Шеннону мы получаем, что логарифм n итый – это количество информации, которое мы получаем, узнав, что в сообщении есть конкретный символ Аитый. Вот. То есть, э-э, узнав, что встретился символ Аитый, мы получаем логарифм n итый информации. А теперь мы знаем, что этих символов n итых там, то есть этих символов Аитых там их n итый раз вообще они в этом сообщении встречаются. Поэтому можем просто разделить. Мы можем разделить логарифм n итый на n итый. Тогда получим среднее количество информации на символ, на итый символ.

XXI. Формула Шеннона и ее связь с Хартли (31:16 - 34:40)

* A. Вывод итоговой формулы Шеннона (31:16 - 33:50)
	+ [31:24] Вот. Если мы подставим это выражение... среднее количество информации, подставим... Вот это выражение 2... То есть, логарифм n итый - это количество информации, которое мы получаем, э-э, узнав, что у нас в сообщении есть итый символ. Вот. А среднее количество информации, если мы разделим на этот символ, если мы разделим ещё на n итый. То есть получается, что мы можем вот это выражение представить: 1 / n итый и умножить на логарифм n итый. Но если мы под логарифмом перевернём выражение, возьмём обратную величину, тогда мы перед логарифмом должны поставить минус. Ну это известное дело. Вот. Теперь получается что, что мы можем взять и заменить 1 / n итый, заменить на P итый, потому что так записано количество информации в формуле 1. Получается в результате у нас такое выражение, что среднее количество информации на итый символ равно минус P итый, вероятность встречи итого символа на логарифм P итый. Вот. Это среднее количество информации в символе. Тогда у нас получается, что на все символы, если умножить этих, все символы М в сообщении, у нас получается выражение, что среднее количество, средняя суммарное количество информации во всём сообщении из М символов получается, имеет вид такой: э-э, минус сумма P итый умножить на логарифм P итый.
* B. Значение и интерпретация формулы Шеннона (33:50 - 34:40)
	+ [33:50] Это вот и есть знаменитая формула Шеннона для количества информации в сообщении из М символов, каждый из которых встречается n итый раз. Рассмотрим теперь такой крайний случай, когда все символы Аиты встречаются в сообщении одинаковое число раз. То есть n итый равно n. И тогда в сообщении из М символов каждый символ встречается э-э К раз, М = Кn. Тогда выражение 5 вот этот вот принимает такой вид. Здесь вот мы видим формулу, и получается в результате формула Хартли.
* C. Вывод о связи Шеннона и Хартли (34:31 - 34:40)
	+ [34:31] То есть мы видим, что, по сути, формула Шеннона э-э в частном равновероятном случае переходит в формулу Хартли, как и формула Больцмана.

XXII. Критическая оценка формулы Шеннона (34:41 - 36:46)

* A. Шеннон как развитие Хартли (34:41 - 35:02)
	+ [34:41] То есть мы видим, что, по сути, формула Шеннона, э-э, является, так что ли, это обобщение формулы Хартли для неравновероятного случая? Я так не думаю. Я так думаю, что формула Шеннона – просто это использование формулы Хартли для решения такой задачи: сколько в среднем количество информации приходится на один символ в сообщении?
* B. Мнение лектора о формуле Шеннона (35:14 - 36:46)
	+ [35:14] Вот примерно так. То есть это моё мнение. Ну, по-моему, оно обоснованное. Никакого тут неравновероятного случая нет. Есть просто использование формулы Хартли для подсчёта количества информации среднего, приходящегося на итый символ. И расчёт суммарного количества информации в сообщении с учётом того, сколько какой символ встречается и какое среднее количество информации на него приходится. Всё. Больше ничего там в этой формуле Шеннона нету, на мой взгляд. Вот. Наталья Владимировна, вы меня слышите, нет? Да, я слышу. Девочка написала, что они подключились. Вот. Ну я перезагрузил компьютер, на другом выключил Teams. На одном компьютере не работает Teams и Webex. А у нас в аграрном Webex используется. Одновременно они не работают, то и то. Является ли...

XXIII. Вопрос 10.7: Теория Шеннона - теория информации или теория связи? (37:17 - 41:16)

* A. Постановка вопроса (37:17 - 37:37)
	+ [37:17] Следующий вопрос, ребята, учебный. Остальные уже там, я так понял, не входят, да, в КГУ? Не входят в эту группу. Что-то я не... Ну они ждут подтверждения. А чего они ждут? посмотреть подтверждение. Да я не вижу запроса на подтверждение, вот в чём дело. Никакого запроса нет на подтверждение. Когда есть, я подтверждаю и всё. А сейчас-то нет. Ага, вот. Принять все. Принял. Ну, наверное, вот сейчас они смогут. Там было человек пять. Это в действиях находится, оказывается. Всё. Подтвердил я им.
* B. Анализ названия работы Шеннона (37:37 - 40:14)
	+ [38:22] Так что, ребята, формула Шеннона, она не является обобщением формулы Хартли на неравновероятный случай, она является применением формулы Хартли для расчёта среднего количества информации, которое приходится на один символ, и расчёта суммарного количества информации в сообщении из М символов, в котором э-э каждый из символов встречается n итый раз. При этом просто эта формула Хартли используется. То есть нельзя считать, что она обобщена, а просто она используется для расчёта этого количества информации среднего. Таким образом, вот э-э это моё мнение по поводу формулы Шеннона. Знаменитая формула Шеннона, которая является, так сказать, центральным, так сказать, формулой, основой теории информации Шеннона. Ну, надо сказать, что он её применил для расчёта количества информации в сообщении. Да, он применил её, но не обобщил, понимаете, просто применил для этого расчёта.
* C. Различие между данными, информацией и знанием (40:15 - 41:16)
	+ [39:21] Теперь следующий вопрос. 10.5. Является ли теория информации Клода Шеннона теорией информации, или она является э-э теорией передачи данных по каналам связи? Значит, э-э знаменитая работа Шеннона, основополагающая его, она называлась "Математическая теория связи", издана в сорок восьмом году. Сам Клод Шеннон никогда не называл свою теорию теорией информации, как её стали называть впоследствии. Он лишь говорил, что это теория передачи данных по каналам связи. Конечно, Клод Шеннон был выдающимся учёным, даже, наверное, был гением, потому что он поставил на научную почву теорию информации. Вот. Внёс огромный вклад в науку. Вот. С позиции XXI века мы можем, мы можем теперь сказать обоснованно, что Клод Шеннон тонко чувствовал различие в смысловом содержании терминов "данные" и "информация", которое в его время ещё не было прояснено в науке. Это произошло гораздо позже. Сегодня же мы можем сказать, что данные – это информация, рассматриваемая безотносительно к своему своему смысловому содержанию, а информация – это осмысленные знания. Смысл – это знание причинно-следственных зависимостей, закономерностей, а знание – это информация, полезная для достижения цели. В этой связи необходимо отметить работы профессора Абдикеева, где эти понятия подробно раскрываются в ряде работ. Ну и я также тоже старался это сделать. В то время вот так вот чётко никто об этом не мог написать.

XXIV. Прагматическая мера Харкевича (Ценность информации) (41:16 - 49:49)

* A. Введение концепции ценности информации (41:16 - 41:32)
	+ [41:16] Исходя из этих соображений, Александр Харкевич предложил связать меру ценности информации с изменением вероятности достижения цели. Значит, что является очень ценной идеей.
* B. Формула Харкевича (41:32 - 42:00)
	+ [41:32] И он на этой основе предложил такое вот определение количества, понятия информации. Он определил, э-э, предложил считать ценность информации э-э тем выше, чем больше э-э изменение вероятности достижения цели после её получения. Ну я могу вам привести такой пример наглядный. Представьте себе, что вам нужно найти какую-то аудиторию в университете. А в нём очень много аудиторий. Будем считать, что там 1024 аудитории. Вероятность того, что вы какую-то из этих аудиторий э-э откроете дверь, ну, не не только аудитории, но и кабинетов, и попадёте в нужную, будет равна 1/1024. То есть 1 / 1024. Соответственно, э-э если вы э-э получите информацию о том, что точно вот эта вот дверь, та, что вам нужна, то вы получите тогда какое количество информации? 1, то есть вероятность достижения цели становится равна единица, была 1/1024, а стала единица. То есть мы тогда должны разделить э-э единицу на 1/1024. У нас тогда получится в результате, ребята, э-э 1024. Логарифм 1024. А это равно 10. То есть 2 в 10 степени – это и есть 1К, 1024.
* C. Интерпретация ценности (положительная, нулевая, отрицательная) (43:10 - 44:17)
	+ [43:10] То есть Харкевич предложил что? Насколько изменяется вероятность достижения цели при получении информации? Вот. И э-э какова была вероятность достижения цели до получения информации? Но это очень похоже на меру э-э Больцмана, кстати. Но там используются не вероятности достижения цели, а неопределённое состояние системы. Здесь же, значит, мы, если возьмём э-э логарифм раскроем, у нас будет логарифм P первое минус логарифм P нулевое. P нулевое – это вероятность достижения цели до получения информации, а P первое – после получения вероятн... э-э информации. Соответственно, э-э если мы возьмём вот этот пример, который я вам сказал, то мы получим э-э 10 бит информации, значит. Если э-э логарифм единицы разделить на 1/1024, то это логарифм 1024, то есть это это 10. Э-э, ну если нам скажут не прямо вот аудиторию, вот эта аудитория, та, которая вы ищете, а скажут, например, что она в правом крыле эта аудитория университета КГУ. Вот. Ну тогда, если она в правом крыле, а будем считать, что там поровну аудиторий, по 512 аудиторий в правом и левом крыле, то тогда мы получаем уже не 1/1024, а получаем 512 / 1024, то есть 2 получаем. То есть у нас вероятность достижения цели в два раза э-э возрастает. То есть если мы раньше не знали, в какую сторону идти, направо или налево, теперь знаем, что надо идти направо, число аудиторий в два раза уменьшается.
* D. Связь меры Харкевича со знанием (44:53 - 49:49)
	+ [44:53] Получаем мы, согласно формуле Харкевича, э-э один бит информации. Так же, как э-э по формуле Хартли, когда мы выбираем один из двух вариантов. То есть формула Харкевича соответствует формуле Хартли. Значит, так же, как и при использовании формул Хартли и Шеннона, мы можем использовать не логарифм по основанию 2, а логарифм десятичный или натуральный. Вот. И тогда у нас тоже будут получаться э-э количество информации э-э в разных единицах измерения. Если основание 2, тогда в битах. Если э-э основание Е - основание натурального логарифма, тогда в нитах. Если 10 основание логарифма, тогда в дитах. Вот. Причём надо понимать, что количество информации это будет то же самое, а просто разные единицы измерения для её измерения этого количества. Возможны следующие соотношения между вероятностью достижения цели после сообщения информации и до сообщения информации. Следующие могут быть варианты. Э-э, после достижения цели вероятность, э-э, то есть, вернее так, после сообщения информации, вероятность достижения цели возрастает. Тогда мы получаем положительное количество информации. Под логарифмом будет находиться число больше единицы. Если же э-э нам сообщили информацию, и вероятность достижения цели не изменилась, ну тогда, значит, э-э количество информации равно нулю, потому что у нас будет отношение под логарифмом равно единице, и это означает, что мы никакой информации не получили полезной для достижения цели. И если у нас э-э вероятность достижения цели после получения информации снизилась, то есть раньше было случайным образом э-э вероятность P0, а когда нам сообщили информацию P1, и P1 стало меньше, чем P0. То есть у нас усложнилась задача достижения цели. То есть нам сказали неправильно. Вот мы пришли в этот университет, спрашиваем: "А где это вот аудитория, которая нам нужна?" Нам говорят: "Налево. Вот в этом левом крыле она". А на самом деле она в правом крыле. Тогда у нас вероятность достижения цели уменьшилась, и это означает, что нам сообщили информацию отрицательную. То есть количество информации отрицательное. Хорошо, что в формуле Харкевича есть такая возможность. То есть понятно, из этой формулы понятно, что такое дезинформация. Это информация, которая уменьшает вероятность достижения цели. Например, э-э военные какие-то э-э подразделения на местности э-э одевают форму камуфляжную солдаты и офицеры, такую жёлтую, например, если они там в Сирии где-нибудь, жёлто-коричневую, с пятнами какими-то коричневыми. Вот. Машины тоже так красят. Какой-то сеткой накрывают машины тоже, до которой такие пятна. Для чего? Для того, чтобы визуально э-э эти объекты, люди, техника стали менее заметными на местности. То есть, если цель противника – уничтожить э-э солдат, технику, вот, то камуфляж и окраска камуфляжная техники, они снижают вероятность поражения, потому что хуже видно, где этот противник находится. Поэтому все и пользуются этим. Это маскировка называется. Маскировка – это сообщение противнику такой информации, которая э-э затрудняет поражение цели, уменьшает вероятность достижения цели. То есть это дезинформация. То есть там стоит э-э установка какая-то или солдат стоит, а противнику сообщается: "Там камень лежит, видите, он коричневый там с тенью". Ну такие дела. Ну, современные средства разведки, конечно, их так просто не проведёшь. Они температуру измеряют там и вибрации, там, бог знает что. Короче, сейчас это гораздо сложнее замаскироваться. Но если этих средств нет, а они не везде есть, в общем-то, то эта форма камуфляжная, окраска камуфляжная машины, она может играть свою роль.

XXV. Роль Харкевича в связи информации и цели (49:16 - 49:49)

* [49:17] Значит, сам Александр Харкевич э-э первым э-э подчеркнул, первым подчеркнул фундаментальный характер связи свойств информации с категорией цели. Что является очень важным моментом.

XXVI. Завершение лекции и прощание (49:49 - 50:33)

* [49:51] Так, сейчас у нас 18:10. 18:10. А что это надо звонил тут? 18:10. Это у нас конец пары КГУ. 18:10. Я уже даже не могу понять, что это такое у нас. Это конец пары в КГУ. Кончилась пара. Закончилась, да? Ну тогда, ребята, всего самого хорошего вам. До свидания. Извините, что так получается. Похоже, что что-то не так делается вообще.
* [50:33] Ну можете посидеть, послушать, если есть желание. Хотя, не знаю, насколько оно вам надо.

XXVII. Подведение итогов по мере Харкевича и знаниям (50:41 - 51:19)

* [50:41] Вот. Так вот, ребята, Харкевич первым связал понятие информации с понятием цели. Вот. И, соответственно, значит, э-э он предложил меру, которая оказалась очень полезной для управления, теории управления. Это замечательное достижение. Я использую эту меру Харкевича для создания системы, в которой принимаются решения на... решение об управляющих факторах, обеспечивающих перевод объекта управления в заданное целевое состояние. Она просто для этого рождена.

XXVIII. Мера Харкевича как мера знаний (51:20 - 53:02)

* [51:20] Теперь, сейчас я могу вам ещё сказать, обоснованно, что информация, полезная для достижения цели, она уже является не просто информацией, а является знаниями. То есть знания так и определяются. Конечно, знания являются информацией, безусловно. Но не всякие, не всякая информация является знаниями, а только такая информация, которая полезна для достижения цели. Вот именно такую меру и предложил Харкевич, которая это измеряет полезность для достижения цели. А это значит, ребята, что Александр Харкевич, сам того не ведая, ну он как бы интуитивно это понимал, то, что я сейчас говорю, он это понимал. Но в таких терминах не выражал только по одной простой причине, что в то время так не было принято в науке об этом говорить. То есть тогда ещё не были выработаны соответствующие понятия. Но сейчас прошло уже много времени. Он эту свою меру предложил в шестидесятом году. Мне было 6 лет тогда. Вот. Прошло, там 40 лет и здесь 20 лет. То есть прошло 60, то есть прошло уже э-э там 40 и здесь 20 – 60 лет прошло с того времени, когда он предложил это понятие. За это время выяснилось, э-э какое соотношение понятий данные, информация и знания. Сейчас это чётко сформулировано, понимаете, чётко. Вот. И сейчас можно с сегодняшнего вот высоты сегодняшнего времени, начала XXI века, он в середине XX века это предложил. Э-э, в начале XXI века мы можем обоснованно сказать, что он предложил количественную меру знаний. То есть он большой молодец, большая умница. Но он это предложил, он это интуитивно чувствовал, говорил об этом, но как-то вот в то время это было не совсем внятно. Вот. Но со временем стало понятным, что это огромное, в общем, достижение.

XXIX. Системное обобщение мер информации (Мера Луценко) (53:02 - 54:42)

* [53:02] Казалось бы, ничего такого особо сложного в этом нет, но на самом деле очень большой, глубокий смысл заложен в этом выражении, которое он предложил. И оно очень популярно. Ну вот я его использую в системе Эйдес, и я знаю, что эта мера, она везде, в учебниках, везде о ней говорят, э-э, что это очень хорошая мера, не... определяющая ценность информации для достижения цели.
* [53:42] Следующий вопрос, ребята, вопрос э-э учебный 10.7: Мерой чего на самом деле является прагматическая мера целесообразности информации Харкевича? Ну, этот вопрос я сейчас уже раскрыл. На самом деле, эта мера является мерой знаний. Сегодня мы можем обоснованно утверждать, что данные – это информация, рассматриваемая безотносительно к её смысловому содержанию. Информация – это осмысленные данные. *[ошибка в тексте, должно быть знания]* Смысл – это знание причинно-следственных закономерностей согласно концепции смысла Шенка Абельсона. А знание – это информация, полезная для достижения цели, то есть для управления. По сути, это означает, что знание – это определённая технология, в том числе ноу-хау или способ, или метод, или методика достижения цели. Значит, Харкевич предложил оценку степени полезности информации для достижения цели. То есть, по сути, он предложил э-э меру знаний, количественную меру знаний. В этой связи необходимо отметить работы профессора Абдикеева. Эти понятия подробно раскрываются в ряде работ этого автора, и в моих работах.

XXX. Системное обобщение (продолжение) и вывод (54:42 - 56:58)

* [56:34] Исходя из этого понимания, можно обоснованно утверждать, что академик Академии наук СССР Александр Александрович Харкевич, основатель Института проблем информации Академии наук, предложил в 1960 году не семантическую меру целесообразности информации, как он её называл, а количественную меру знаний.
* [56:58] Теперь мы рассмотрим следующий вопрос 10.8. Следующий учебный вопрос. Э-э, системное обобщение меры Хартли, Шеннона и Харкевича, э-э, которое предложил я. То есть это мера Луценко, можно назвать. Хотя я так её не называл никогда. Вот до сих пор. Этот раздел основан на статье, на моей. Математическая сущность системной теории информации СТИ. Системное обобщение формулы Больцмана Найквиста Хартли. Синтез семантической теории информации Харкевича и теории информации Шеннона, которую я издал эту статью в 2008 году. Ну, дальше здесь э-э приводятся простой вывод э-э формулы Харкевича через э-э расчёт корреляционной матрицы, матрицы сопряжённости, матрицы абсолютных частот. Это основа модели Эйдес, системы Эйдес. Совершенно такой простецкий вывод. Вот. Вероятность встречи итого признака в житой группе - это число наблюдений итого признака в житой группе, разделённое на число вообще его наблюдений, этого итого признака. Вот. И здесь я привожу разные способы расчёта и показываю, что получаются разные выражения для формулы Харкевича, которые эквивалентны. Вот. Потом можно посчитать, разделив вероятность встречи итого признака в объектов некоторой группы, можно посчитать, разделив число встреч этого признака на число объектов этой группы, а не на число признаков в этой группе. Тогда получается другой способ расчёта. Э-э, потом я описываю, что э-э при взаимооднозначном соответствии признаков и э-э классов, то есть когда у каждого класса наблюдается только один признак, и этот признак наблюдается только у этого класса, получается у нас диагональная матрица такая, где диагонали равны единичке, и все колоночки суммарные, и колонка, и строка суммы тоже равны единичке. В этом случае каждому классу относится один объект, имеющий единственный признак. Это мы получаем такое вот выражение. Вот. И отсюда вытекает, что э-э... Здесь выражения математические, которые я не буду про озвучивать. Вот. Здесь, значит, получается формула, которая является обобщением формулы Харкевича для систем, для систем. Она э-э равна, по сути дела, сумме выражения Шеннона и выражения Хартли, но с весовыми коэффициентами, которые представляют собой коэффициенты, отражающие уровень системности.

XXXI. Завершение (58:28 - 59:44)

* [58:31] Следующий вопрос, который мы рассмотрим на следующей лекции – это тема 11. Методика вычисления количества информации Харкевича на основе эмпирических данных и решение на этой основе задач идентификации, прогнозирования, принятия решений и исследования моделируемой предметной области. Это большой вопрос, который мы, наверное, будем рассматривать несколько занятий.
* *[59:08] (Звук ошибки Windows)*
* [59:16] Так, ребята, на этом мы занятие заканчиваем. И я с вами прощаюсь, выключаю микрофон и запись, и доступ. До свидания, ребята.
* [59:29] До свидания. До свидания. До свидания. До свидания. До свидания.
* *[59:36] (Звуки отключения, шум)*