

Продвинутое машинное обучение:

Домашнее задание 2

Второе домашнее задание — самое большое в курсе, в нём придётся и концептуально подумать о происходящем, и технические трудности тоже порешать. Как и раньше, в качестве решения **ожидается ссылка на jupyter-ноутбук на вашем github (или публичный, или с доступом для snikolenko); ссылку обязательно нужно прислать в виде сданного домашнего задания на портале Академии**. Как всегда, любые комментарии, новые идеи и рассуждения на тему категорически приветствуются.

Второе задание — это полноценный проект по анализу данных, начиная от анализа постановки задачи и заканчивая сравнением результатов разных моделей. Задача реальная и серьёзная, хотя тему я выбрал развлекательную: мы будем строить **вероятностную рейтинг-систему для спортивного “Что? Где? Когда?” (ЧГК)**.

Background: в спортивном “Что? Где? Когда?” соревнующиеся команды отвечают на одни и те же вопросы. После минуты обсуждения команды записывают и сдают свои ответы на карточках; побеждает тот, кто ответил на большее число вопросов. Турнир обычно состоит из нескольких десятков вопросов (обычно 36 или 45, иногда 60, больше редко). Часто бывают синхронные турниры, когда на одни и те же вопросы отвечают команды на сотнях игровых площадок по всему миру, т.е. в одном турнире могут играть сотни, а то и тысячи команд. Соответственно, нам нужно:

- построить рейтинг-лист, который способен нетривиально предсказывать результаты будущих турниров;
- при этом, поскольку ЧГК — это хобби, и контрактов тут никаких нет, игроки постоянно переходят из команды в команду, сильный игрок может на один турнир сесть поиграть за другую команду и т.д.; поэтому единицей рейтинг-листа должна быть не команда, а отдельный игрок;
- а что сильно упрощает задачу и переводит её в область домашних заданий на ЕМ-алгоритм — это характер данных: начиная с какого-то момента, в базу результатов начали вносить все повопросные результаты команд, т.е. в данных будут записи вида “какая команда на какой вопрос правильно ответила”.

Я сделал за вас только первый шаг: выкачал через API [сайта рейтинга ЧГК](#) все нужные данные, чтобы сайт не прилёг под вашими многочисленными скрейперами. :) Полученные данные лежат в формате *pickle* вот здесь:

<https://www.dropbox.com/s/s4qj0fpsn378m2i/chgk.zip>

1. Прочитайте и проанализируйте данные, выберите турниры, в которых есть данные о составах команд и повопросных результатах (поле *mask* в *results.pkl*). Для унификации предлагаю:
 - взять в тренировочный набор турниры с *dateStart* из 2019 года;
 - в тестовый — турниры с *dateStart* из 2020 года.

2. Постройте baseline-модель на основе линейной или логистической регрессии, которая будет обучать рейтинг-лист игроков. Замечания и подсказки:
 - повопросные результаты — это фактически результаты броска монетки, и их предсказание скорее всего имеет отношение к бинарной классификации;
 - в разных турнирах вопросы совсем разного уровня сложности, поэтому модель должна это учитывать; скорее всего, модель должна будет явно обучать не только силу каждого игрока, но и сложность каждого вопроса;
 - для baseline-модели можно забыть о командах и считать, что повопросные результаты команды просто относятся к каждому из её игроков.
3. Качество рейтинг-системы оценивается качеством предсказаний результатов турниров. Но сами повопросные результаты наши модели предсказывать вряд ли смогут, ведь неизвестно, насколько сложными окажутся вопросы в будущих турнирах; да и не нужны эти предсказания сами по себе. Поэтому:
 - предложите способ предсказать результаты нового турнира с известными составами, но неизвестными вопросами, в виде ранжирования команд;
 - в качестве метрики качества на тестовом наборе давайте считать ранговые корреляции Спирмена и Кендалла (их можно взять в пакете *scipy*) между реальным ранжированием в результатах турнира и предсказанным моделью, усреднённые по тестовому множеству турниров¹.
4. Теперь главное: ЧГК — это всё-таки командная игра. Поэтому:
 - предложите способ учитывать то, что на вопрос отвечают сразу несколько игроков; скорее всего, понадобятся скрытые переменные; не стесняйтесь делать упрощающие предположения, но теперь переменные “игрок X ответил на вопрос Y” при условии данных должны стать зависимыми для игроков одной и той же команды;
 - разработайте EM-схему для обучения этой модели, реализуйте её в коде;
 - обучите несколько итераций, убедитесь, что целевые метрики со временем растут (скорее всего, ненамного, но расти должны), выберите лучшую модель, используя целевые метрики.
5. А что там с вопросами? Постройте “рейтинг-лист” турниров по сложности вопросов. Соответствует ли он интуиции (например, на чемпионате мира в целом должны быть сложные вопросы, а на турнирах для школьников — простые)? *Если будет интересно:* постройте топ сложных и простых вопросов со ссылками на конкретные записи в [базе вопросов ЧГК](#) (это чисто техническое дело, тут никакого ML нету).
6. *Бонус:* постройте топ игроков по предсказанной вашей моделью силе игры, а рядом с именами игроков напишите общее число вопросов, которое они сыграли. Скорее всего,

¹ Для самопроверки: у меня средняя корреляция Спирмена на тестовом множестве 2020 года во всех моделях, включая baselines, получалась порядка 0.7-0.8, а корреляция Кендалла — порядка 0.5-0.6. Если у вас корреляции вышли за 0.9 или, наоборот, упали ниже 0.3, скорее всего где-то баг.

вы увидите, что топ занят игроками, которые сыграли совсем мало вопросов, около 100 или даже меньше; если вы поищете их в [официальном рейтинге ЧГК](#), вы увидите, что это какие-то непонятные ноунеймы². В baseline-модели, скорее всего, такой эффект будет гораздо слабее.

Это естественное свойство модели: за счёт ЕМ-схемы влияние 1-2 удачно сыгранных турниров будет только усиливаться, потому что неудачных турниров, чтобы его компенсировать, у этих игроков нет. Более того, это не мешает метрикам качества, потому что если эти игроки сыграли всего 1-2 турнира в 2019-м, скорее всего они ничего или очень мало сыграли и в 2020, и их рейтинги никак не влияют на качество тестовых предсказаний. Но для реального рейтинга такое свойство, конечно, было бы крайне нежелательным. Давайте попробуем его исправить:

- сначала жёстко: выберите разумную отсечку по числу вопросов, учитывая, что в одном турнире их обычно 30-50;
- можно ли просто выбросить игроков, которые мало играли, и переобучить модель? почему? предложите, как нужно изменить модель, чтобы не учитывать слишком мало сыгравших, и переобучите модель;
- но всё-таки это не слишком хорошее решение: если выбрать маленькую отсечку, будут ноунеймы в топе, а если большую, то получится, что у нового игрока слишком долго не будет рейтинга; скорее всего, никакой “золотой середины” тут не получится;
- предложите более концептуальное решение для топа игроков в рейтинг-листе; если получится, реализуйте его на практике (за это уж точно будут серьёзные бонусные баллы).

7. *Бонус*: игроки со временем учатся играть лучше (а иногда бывает и наоборот). А в нашей модели получается, что первые неудачные турниры новичка будут тянуть его рейтинг вниз всю жизнь — это нехорошо, рейтинг должен быть достаточно гибким и иметь возможность меняться даже у игроков, отыгравших сотни турниров. Давайте попробуем этого добиться:

- если хватит вычислительных ресурсов, сначала сделайте baseline совсем без таких схем, обучив рейтинги на всех турнирах с повопросными результатами, а не только на турнирах 2019 года; улучшилось ли качество предсказаний на 2020?
- одну схему со временем мы уже использовали: брали для обучения только последний год турниров; примерно так делают, например, в теннисной чемпионской гонке; у этой схемы есть свои преимущества, но есть и недостатки (например, достаточно мало играть год, чтобы полностью пропасть из рейтинга);
- предложите варианты базовой модели или алгоритма её обучения, которые могли бы реализовать изменения рейтинга со временем; если получится, реализуйте их на практике, проверьте, улучшатся ли предсказания на 2020.

² Для самопроверки: а вот те игроки, кто сыграл от тысячи вопросов и больше и при этом всё равно попал в топ-100 весов модели, должны быть настоящими топовыми игроками из ведущих команд официального рейтинга. Если это не так, опять же, скорее всего где-то баг.