Курсовая работа по теме:
Генетические алгоритмы

Выполнили:
студенты группы 3630102/70201
Дамаскинский К.
Колесник В.
Пестряков Д.
Рыженко В.

27 ноября 2019 г.

Оглавление

Глава 1

Введение

Живая природа. Сложный и в то же время удивительный механизм. Разнообразие путей её развития во все времена будоражило умы человека. Фрэнсис Бэкон, Карл Линней, Жан Батист Ламарк и, конечно же, Чарльз Дарвин. Краткий список многочисленных имён, стоявших у истоков эволюционной теории. Труды Дарвина до сих пор остаются актуальными и имеют колоссальный вес в современной науке. Хотя все начиналось с обычного наблюдения за живой природой. Хотя есть список имен, которые не приходят на ум при слове "эволюция но которые должны пополнить список выше. Леонардо да Винчи, Жорж де Местраль, Ладзаро Спалланцани. Какое отношение они имеют к изучению развития живой природы? Посредственно как теоретики-эволюционисты никакого. Но именно эти великие изобретатели смогли разглядеть потенциал природы в качестве самого лучшего изобретателя. Леонардо да Винчи спроектировал свой летательный аппарат по образу и подобию обыкновенной птицы. Идея не получила широкой реализации в прямом виде, но, в конечном итоге, мы имеем современные самолеты. Справедливости ради стоит отметить, что Жорж де Местраль изобрел современные застежки-лепучки, взяв за основу семена репейника, а Ладзаро Спалланцани развил теорию эхолокации, изучая обычных летучих мышей.

Как можно заметить, применение в технических устройствах и системах принципов организации, свойств, функций и структур живой природы, именуемое биомимикрией, увенчалось технологическими прорывами. И это вполне объяснимое явление. У живой природы были миллиарды лет и бесчисленное количество испытуемых для экспериментов. Поэтому всё ныне сохранившееся в биосфере имеет место для существования в данных условиях. Ведь виды формировались, развивались и в конечном итоге неизбежно вымирали, давая возможности для развития особей менее приспособленных в старых условиях, но идеально подходящих для новых. Развитие вычислительных систем позволило человечеству моделировать и изучать эволюционные процессы в живой природе, сократив время ожидания получения конечного результата с нескольких миллионов лет до нескольких недель или часов в зависимости от мощности вычислительных ресурсов. Первые такие попытки были предприняты в 1954 году Нильсом Баричелли. Они увенчались опубликованием результатов его исследований в том же году. В 1957 году австралийский генетик Алекс Фразер подхватил эстафету и опубликовал серию работ, связанную с моделированием искуственного отбора среди организмов с множественным контролем измеримых характеристик. И это лишь те не многие, но безусловно важные работы, положившие начало тому, что в итоге назвали генетическими алгоритмами.

Глава 2

Генетические алгоритмы: понятийный аппарат, принцип работы

Глава 3

Модернизация генетических алгоритмов

При использовании генетических алгоритмов для решения задач оптимизации могут возникать проблемы преждевременной сходимости. То есть можно попасть в локальный оптимум и не выйти из него, в силу того, что мы исчерпали возможности популяции к увеличению разнообразия потомства. Существует несколько модернизаций генетических алгоритмов, дабы избежать той или иной проблемы. Рассмотрим некоторые из них:

1. При использовании популяции с малым числом особей гены распространяются слишком быстро, то есть особи становятся слишком похожими. Можно решить эту проблему тремя способами:
   (a) Увеличение числа особей. Это приведет к использованию дополнительной памяти, но весьма эффективен при использовании на простых функция цели.
   (b) Самоадаптация алгоритмов. Это чаще всего используемый подход. Он позволяет использовать малый размер популяции. Идея основана на изменении значения вероятности мутации в зависимости от скрещивающися особей., засчет чего достигается самоуравлемость алгоритма. Такой поход называется динамическими мутациями.
   (c) Создание массива для хранения особей, генотип которых мы утрачиваем во время формирования новых поколений. Это, как и в первом случае, приведет к использованию дополнительной памяти, но позволит добавлять особей, которые могли быть не очень приспособленными ранее, но тех, которые могут дать более приспособленное в новых условиях потомство. Или же позволит увеличить количество плохих генов, чтобы выйти из локального отимума.
2.

Глава 4

Преимущества и недостатки генетических алгоритмов

Глава 5

Примеры решения задач

5.1 Задача об оптимальном управлении грузовым составом

5.1.1 Описание задачи

Люди часто думают, что управлять поездом проще, чем машиной – руля же нет, всё едет само по себе. Только за сигналами следи да чаёк попивай. Однако на деле всё оказывается не так радужно.

При ведении грузового состава машинист сталкивается с целым рядом неординарных задач, требующих адекватной оценки ситуации, быстрой реакции, аналитического склада ума и, зачастую, хорошей интуиции. Давайте обратим внимание на факторы, влияющие на процесс движения грузового состава.

1. Длина поезда.

   Длина грузового состава может достигать нескольких километров. Из-за этого при изменении скорости движения – торможении и разгоне – на автосцепки вагонов, находящихся в начале, середине и конце действуют разные силы.

   Если действия локомотивной бригады будут опрометчивыми и электровоз начнёт слишком быстро разгоняться, то действующая на передние вагоны сила может оказаться выше критической, и автосцепка порвётся.

   Ещё хуже дела обстоят при торможении: воздух в тормозной магистрали распространяется достаточно медленно, выравнивание давления вдоль магистрали может происходить в течение нескольких минут.

   Теперь представим ситуацию: ыпоезд шёл под уклон, затормозил, а дальше начался затяжной подъём. Машинист собирает схему на тягу, локомотив начинает тянуть за собой поезд.

   Первые вагоны уже не удерживаются тормозом, чего нельзя сказать про задние. Таким образом мы имеем неиллюзорный шанс порвать автосцепку в конце поезда, а локомотивная бригада скорее всего попросту не увидит оторвавшийся хвост состава, что чревато самыми неприятными последствиями.

2. Распределение массы вдоль поезда.

   Здесь проблема носит тот же характер, что и в предыдущем пункте: если оставить лёгкие вагоны впереди, а тяжёлые сзади, то при резком старте, скорее всего, произойдёт разрыв там, где кончаются пустые и начинаюстя гружёные вагоны. Очень нехорошая ситуация может сложиться на подъёме: пусть, скажем, первая половина поезда порожняя, а вторая гружёная. Тогда машинист может, легко втащив на подъём первую половину вполсилы, добавить позиций, чтобы так же бесхлопотно затащить и вторую. В такой ситуации та же самая сцепка – на стыке пустых и гружёных вагонов – получит просто фантастическую нагрузку, ведь её будет в прямом смысле рвать на две части.

3. Погодные условия.

   Здесь ситуация схожа с той, которую мы наблюдаем при попытке стронуться с места на завязшем в трясине автомобиле – момент, подводимый к колесу от двигателя, оказывается больше момента, с которым сила трения покоя действует на колесо, и в результате начинается буксование. На железной дороге буксование можно встретить в куда более простых условиях – достаточно сильного дождя и слишком тяжёлого поезда.

   Но если параметры локомотива на этапе сборки состава подбираются таковыми, чтобы он гарантированно мог стронуть с места поезд в любых погодных условиях, то о торможении уже приходится думать машинисту – если слишком резко "дать по тормозам", то начнётся буксование и воздух в магистрали очень быстро закончится. Состав останется неуправляемым.

Описав основные проблемные ситуации, мы обнаружили наиболее уязвимые узлы управления:

1. Автосцепка.

   Критических ситуаций, связанных с воздействием на автосцепку, достаточно много, но суть у них одна – нельзя превышать некоторое ***пороговое значение***.

2. Тормоз. [1]

   У поездного тормоза две проблемы – есть ***минимальное давление воздуха в магистрали*** и ***максимальная допустимая сила торможения***, зависящая от конкретных погодных условий.

3. Ограничения скорости.

   Собственно то, из-за чего приходится разгоняться и тормозить.

5.1.2 Постановка задачи

На вход даются следующие параметры:

- Максимальная сила тяги, которую способен развить локомотив
- Предельная нагрузка на автосцепку
- Погодные условия
- Предельный коэффициент трения покоя при данных погодных условиях
- Зависимость силы торможения от давления в магистрали
- Скорость сброса (набора) воздуха в магистрали в разных положениях тормозного крана [2]
- Длина поезда
- Время прохождения "тормозной волны" вдоль одного вагона (время, в течение которого давление ТМ в данном вагоне сравняется с давлением в ТМ соседнего вагона)
- Распредление массы поезда
- Профиль пути

Требуется предоставить режим движения, при котором будут выполнены следующие условия:

- Поезд доедет до пункта назначения в целости за наименьшее время
- На каждый следующий участок пути поезд подходит с максимальным давлением в ТМ и скоростью не выше максимально допустимой

Запас топлива считаем неограниченным – обычно в реальных условиях с этим действительно нет проблем.

Погода в течение всего маршрута следования считается неизменной (ясно, что если погодные условия изменились, можно разбить путь на части, на которых погодные условия постоянны).

Будем считать, что в каждый момент времени поезд целиком находится на участке пути с одним профилем – с точки зрения анализа опасности ситуации такое приближение недопустимо (мы не можем понять, что будет в ситуации разрыва поезда), но с точки зрения численных расчётов мы не внесём ложных смягчений режима вождения.

[1] ***Кратко о работе поездного тормоза*** Принцип работы следующий: воздух закачивается компрессором в тормозные резервуары под большим давлением. При необходимости затормозить воздух с задаваемой машинистом интенсивностью вытравливается из резервуара в общую тормозную магистраль, ответвления от которой подведены непосредственно к тормозным колодкам. Соответственно чем выше давление в магистрали, тем сильнее прижимаются колодки к колесу и тем быстрее происходит торможение. При отпуске тормоза воздух из магистрали выпускается в атмосферу. Одновременно включается компрессор и воздух нагнетается в тормозные резервуары заново. В данной задаче важно, что это достаточно длительная процедура

[2] Под ***силой торможения*** будем понимать силу, с которой тормозная колодка прилегает к колесу.

5.1.3 Формализация

Вход

- $F_{\text{тяги max}}$ – предельная сила тяги локомотива, *кН*
- $F_{\text{CA max}}$ – предельная нагрузка на автосцепку, *кН*
- W – условная единица, характеризующая погодные условия, численно обозначающая степень увлажнённости рельса
- $\mu_{max}(W)$ – зависимость предельного коэффициента трения покоя колеса о рельс от погодных условий
- $F_{br}(P_{\text{TM}})$ – зависимость силы торможения от давления в тормозной магистрали (далее ТМ), $[F_{br}] = \text{кН}, [P_{\text{TM}}] = \text{кПа}$
- $P_{\text{TM max}}, P_{\text{TM min}}$ – максимальное и минимальное допустимые давления в ТМ
- V – число вагонов в поезде
- $l_{\text{в}}$ – длина вагона, *м*. Полагаем, что все вагоны имеют одинаковую длину
- τ – время распространения тормозной волны вдоль одного вагона, *с*
- $v_{\text{TM}}(S) = \frac{dP}{dt}(S)$ – зависимость скорость стравливания (или набора) воздуха из тормозной магистрали от выбранной машинистом позиции крана S, *кПа/с*, $S = \overline{1,6}$
- $m(n)$ – распределение массы поезда от номера вагона, *кт*, $n = \overline{1,V}$
- $\{(v_{max}^{(k)}, \alpha^{(k)}, d^{(k)})^T\}_{k=\overline{1,M}}$ – профиль пути. Задаётся в виде трёхкомпонетных векторов, состоящих из предельной скорости на участке (*км/ч*), угла наклона (*радианы*) и длины (*м*).

Выход

$(\{U^{(k)}\}^h, \{S^{(k)}\}^h, h, N)^T{}_{k\in\mathbf{N}}$ – кортеж, состоящий из табличных функций (1, 2 компоненты), заданных на $\{t_j\}^h, j = \overline{1,N} : t_i = hi, t_N = T_0$. Первая компонента соответствует доле от максимальной тяги, а вторая – позиции тормозного крана. Третья и четвёртая компоненты кортежа – параметры временной сетки, на которой определены функции. [**shipTheory**]

Ограничения

На k-ом участке перегона:

$$\begin{cases} \int_0^{T_0} v_{\text{TM}}(t)dt = 0 & (1) \\ |F_i(t) - F_{i-1}(t)| \le F_{\text{CA}max} \forall i = \overline{2,V} \forall t \in \{t^h\} & (2) \\ v_k + \frac{1}{m(1)}\int_0^{T_0} F_1(t)dt \le v_{k+1} & (3) \\ F_{\text{тяги}}(t) \le F_{\text{тяги max}} \forall t \in \{t^h\} (\text{временно выкидываем, тяга конст}) & (4) \\ \int_0^{T_0} v(t)dt = d^{(k)} & (5) \end{cases}$$

(1) – давление в ТМ не должно измениться к концу перегона

(2) – в каждый момент времени нагрузка на автосцепку не должна превышать предельную

(3) – скорость на выходе не должна превышать ограничение на следующем участке. Так как все вагоны движутся с одиноковой скоростью, можно не умаляя общности рассматривать первый вагон

(4) – тепловоз не может развить мощность, бо́льшую, чем конструкционная

(5) – за данный промежуток времени тепловоз должен пройти заданное расстояние

Функция цели

$T_0 \to min$

Алгоритм решения

Мы разобьём общую задачу – нахождение оптимального режима на всём пути – на подзадачи нахождения оптимального режима на каждом отдельном участке (будем пренебрегать возможными оптимизационными манёврами на стыках профиля ввиду сложности).

Данную задачу концептуально мы будем решать следующим образом. В генетический алгоритм будет передаваться желаемое время прохождения перегона T_0. Алгоритм будет пытаться найти режим движения, в котором поезд сможет благополучно дойти до пункта назначения за данное время. Параметр T_0, исходя из результатов работы генетического алгоритма, будет корректироваться по методу половинного деления. Начальный T_0 мы найдём аналитически – вычислим время, за которое поезд гарантированно сможет преодолеть перегон с указанными выше условиями.

Таким образом, наша задача будет решаться связкой генетического алгоритма и метода половинного деления. За счёт такого подхода мы сможем использовать все достоинства ГА и при этом обойти его недостатки: с помощью ГА мы будем отвечать на вопрос, ***можно ли*** подобрать режим ведения так, чтобы за данное T_0 поезд успешно прошёл участок, а не ***какое*** T_0 ***оптимальное.*** Сам параметр T_0 же будет вычисляться методом половинного деления, сходимость которого нам точно известна.

Мы интуитивно полагаем, что такой подход лучше, поскольку задавая ГА директивный вопрос: ***да*** или ***нет***, мы, очевидно, имеем более обоснованную надежду на то, что ГА сможет дать корректный ответ, чем задавая вопрос: ***какое значение оптимально***, хотя бы потому, что область возможных решений несравнимо меньше.

5.2 Задача круглого раскроя

5.2.1 Описание задачи

Рассматриваемая задача — поиск рационального плана раскроя плоского листа на предметы круглой формы. Задачи такого рода впервые были поставлены еще в 1940-х академиком Л.В. Канторовичем. С тех пор появилось большое количество новых постановок и методов решения. Однако существуют практически значимые постановки задач и технологические ограничения, для которых решение задачи раскроя и разработка новых методов решения по-прежнему актуальны. Вообще, задача плоского раскроя — это оптимизационная задача поиска наиболее плотного размещения множества меньших по размеру плоских предметов, деталей, на больших объектах, заготовках

5.2.2 Математическая постановка задачи

Заданы следующие параметры и условия:

- Полубесконечная полоса ширины W
- n круглых деталей
- Радиусы деталей $r_i, i = \overline{1, n}$
- Детали попарно не пересекаются:
  $(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2 \geq (r_i - r_j)^2, i, j = \overline{1, n}, i \neq j$
- Детали не выходят за границы полосы: $\begin{cases} x_i - r_i \geq 0 \\ y_i - r_i \leq 0, \quad i = \overline{1, n} \\ y_i + r_i \leq W \end{cases}$

Здесь $(x_i, y_i), i = \overline{1, n}$ - координаты центров деталей

Необходимо разместить детали на полосе так, чтобы занимаемая часть полосы была минимальна, т. е. $\max\limits_{i=\overline{1,n}}(x_i + r_i) \xrightarrow[(x_i, y_i)]{} \min$