



Петрозаводский государственный университет
Институт математики и информационных технологий
Кафедра прикладной математики и кибернетики



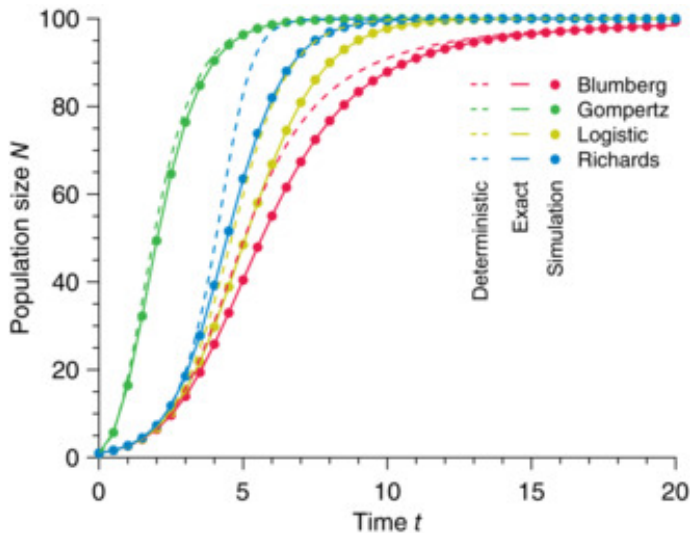
Савелий Павлович Гашков

Разработка информационной системы для планирования рубок ухода

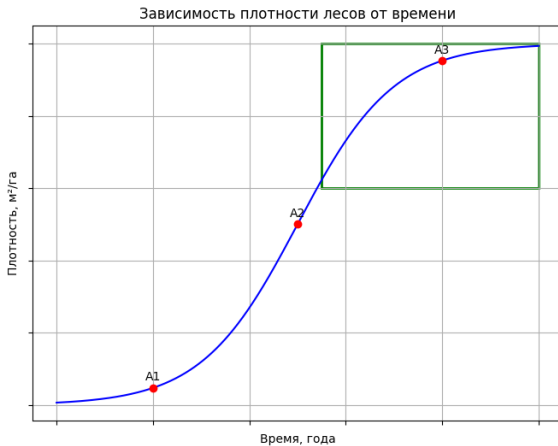
Направление 09.03.02 Информационные системы и технологии

Научный руководитель: д.т.н., Л. В. Щеголева

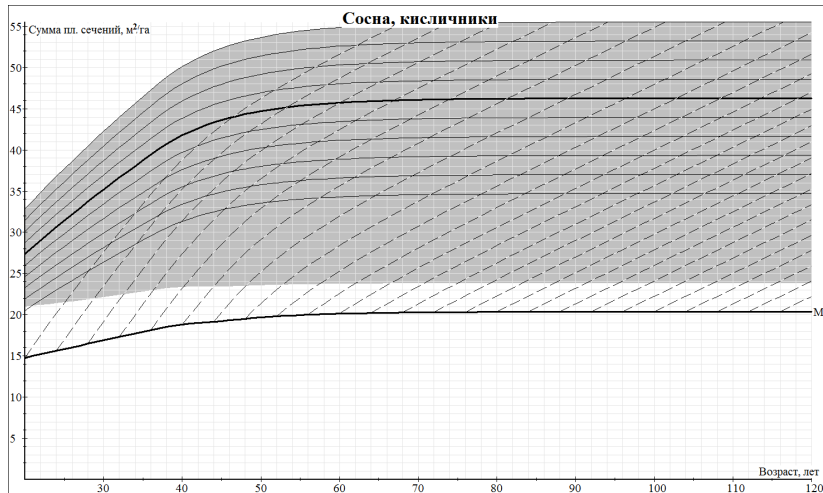
PubMed. Solving the stochastic dynamics of population growth



Схематичное изображение графика роста



Образец данных



Постановка задачи

Определение

Рубки ухода — форма ухода за лесом путём удаления из насаждения нежелательных деревьев и создания благоприятных условий для роста лучших деревьев главных пород, направленная на формирование высокопродуктивных качественных насаждений и своевременное использование древесины.

Задача

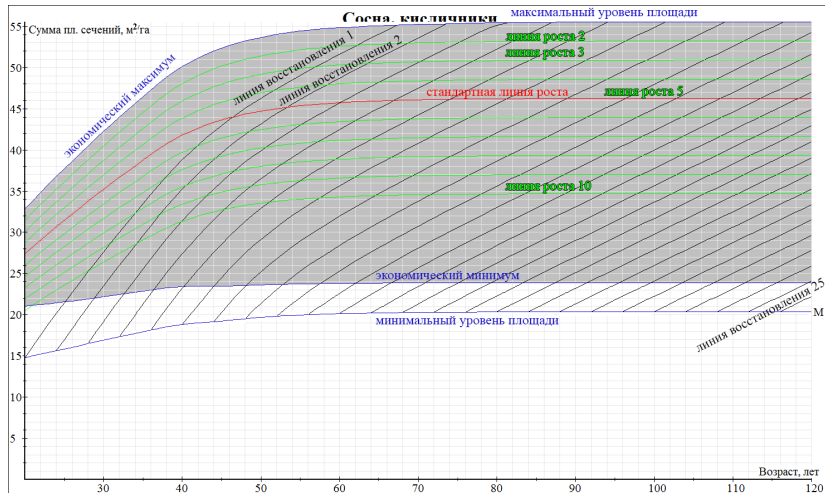
Автоматизировать процесс планирования рубок ухода.



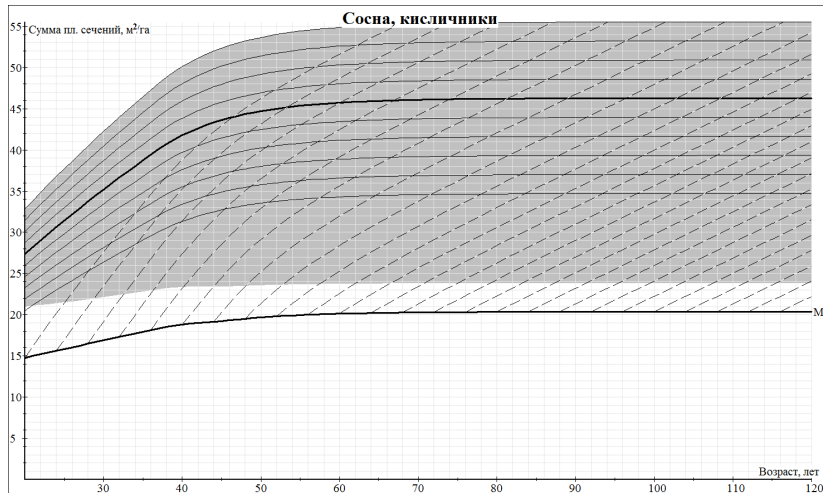
Источники информации

- Лесной кодекс Российской Федерации (Собрание законодательства Российской Федерации, 2006, N 50, ст. 5278; 2020, N 31, ст. 5028)
- Положение о Министерстве природных ресурсов и экологии Российской Федерации, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 11.11.2015 N 1219 (Собрание законодательства Российской Федерации, 2015, N 47, ст. 6586; 2020, N 42, ст. 6635)
- Приказ Минприроды России от 30.07.2020 N 534 Об утверждении Правил ухода за лесами
- Приложение N 4 к Правилам ухода за лесами, утвержденным приказом Минприроды России: НОРМАТИВЫ ПРОВЕДЕНИЯ РУБОК ПРОРЕЖИВАНИЯ, ПРОХОДНЫХ РУБОК, РУБОК ОБНОВЛЕНИЯ И ПЕРЕФОРМИРОВАНИЯ: от 30.07.2020 N 534

Терминология линий



Образец данных



Варианты извлечения информации

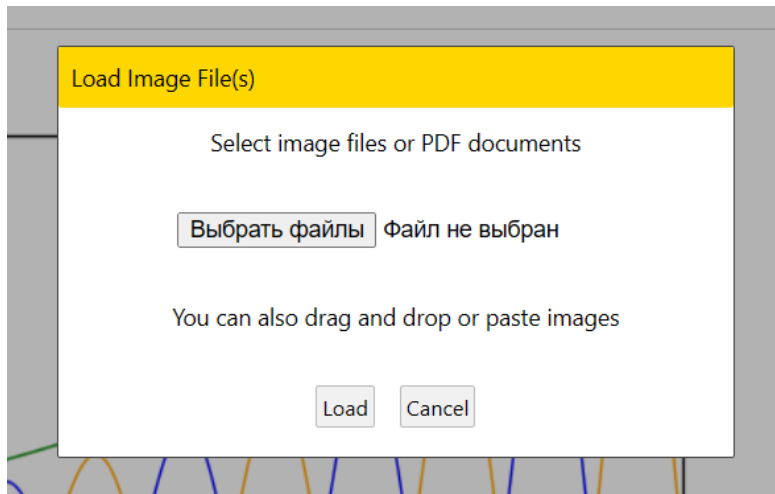
Вручную

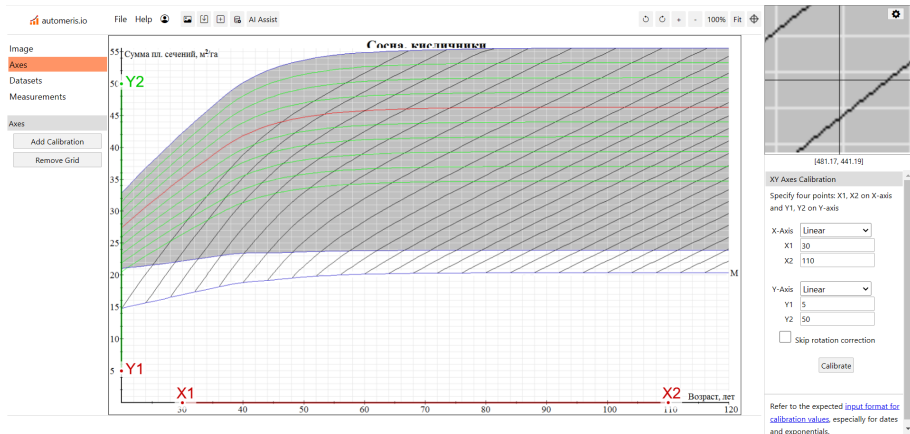
- + Без предобработки и типизации
- - Очень низкая точность
- - Очень низкая скорость

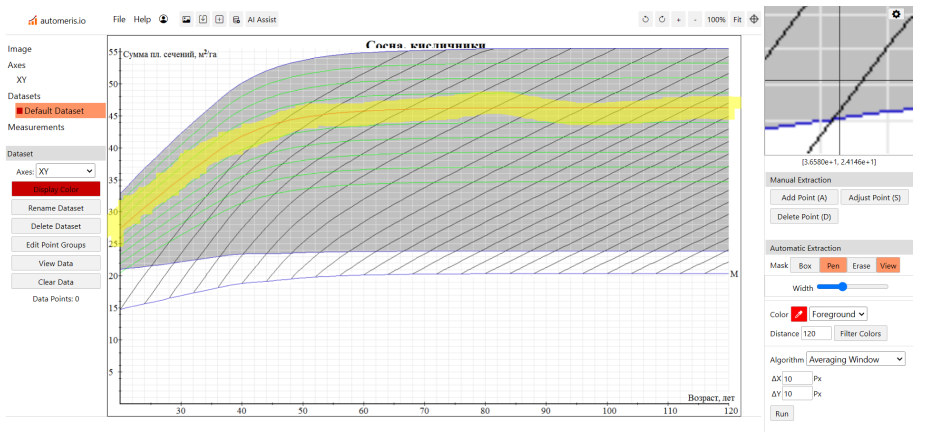
Автоматизированно

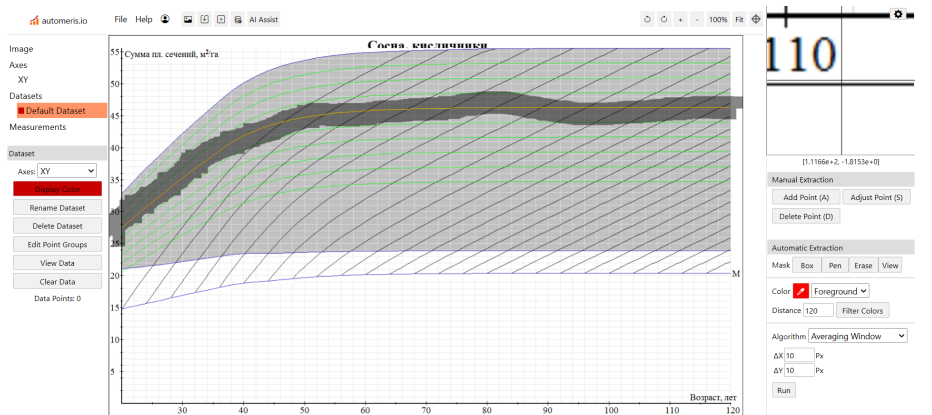
- + Высокая точность
- + Высокая скорость
- - Структурированность и предобработка

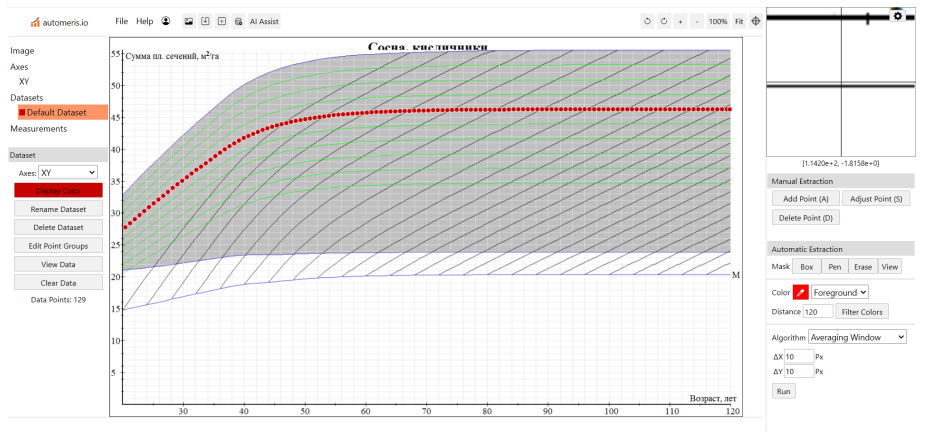


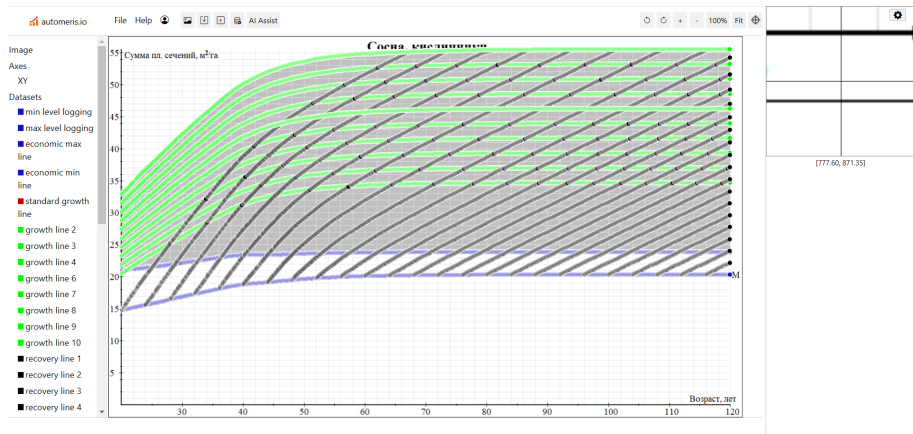


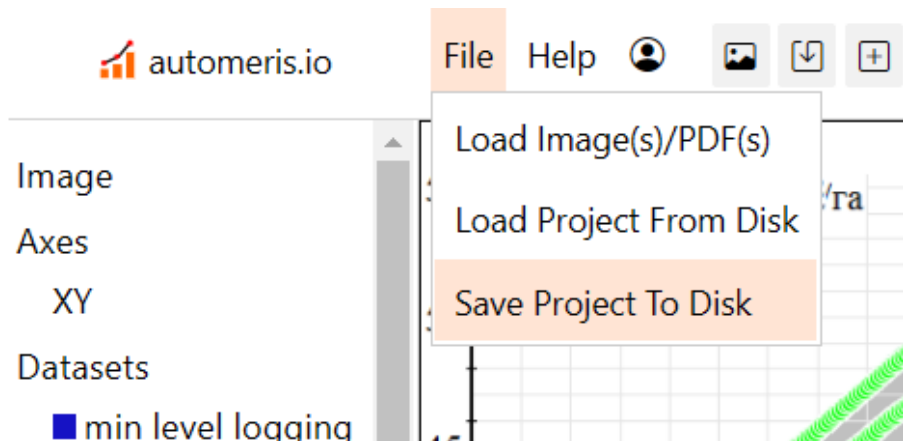




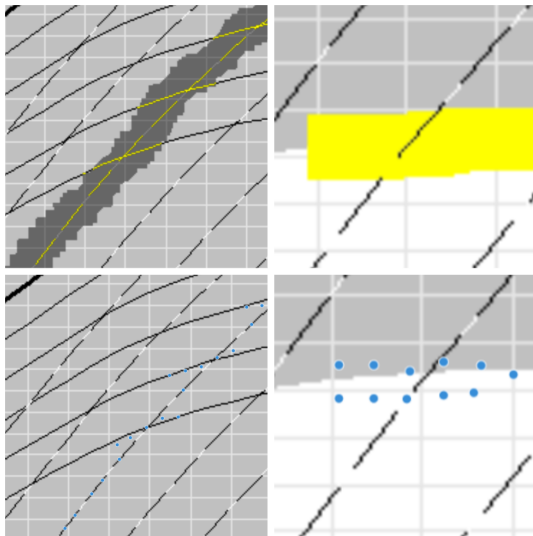




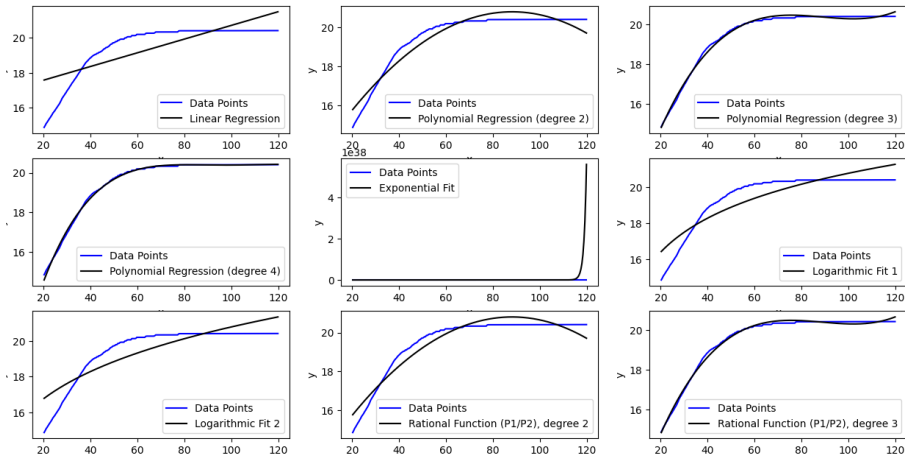




WebPlotDigitizer. Ошибки распознавания



Математическая модель. Одна линия



Математическая модель. Одна линия

Метод	MSE	R^2
Линейная регрессия	0.8098	0.6143
Полиномиальная регрессия (n^2)	0.1464	0.9303
Полиномиальная регрессия (n^3)	0.0099	0.9953
Полиномиальная регрессия (n^4)	0.0038	0.9982
Рациональная функция (P_1^2/P_2^2)	0.1464	0.9303
Рациональная функция (P_1^3/P_2^3)	0.0099	0.9953
Экспоненциальная аппроксимация	2.73×10^{75}	0
Логарифмическая аппроксимация	0.4066	0.8063

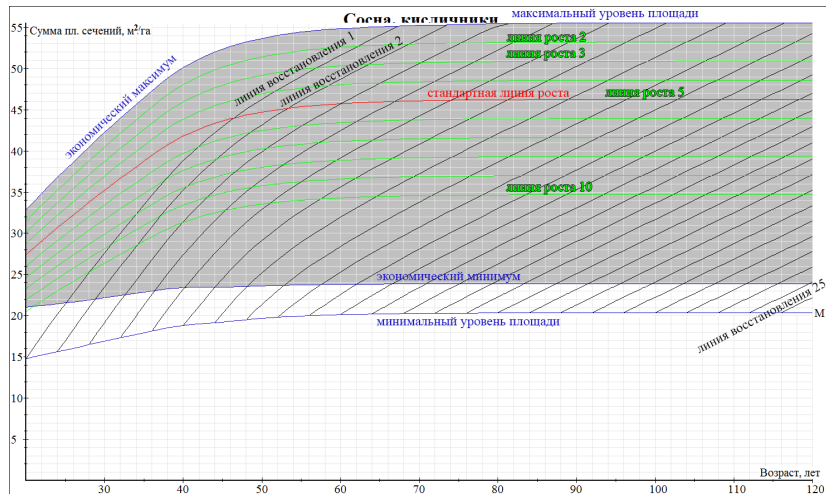


Математическая модель. Полиномиальная регрессия

Степень	MSE	R^2
1	9.7450	0.8310
2	2.2871	0.9603
3	0.2417	0.9958
4	0.0583	0.9990
5	0.0462	0.9992
6	0.0174	0.9997
7	0.0199	0.9997
8	0.0118	0.9998
9	0.0048	0.9999
10	0.0054	0.9999
11	0.0871	0.9985
12	0.0635	0.9989
13	0.1966	0.9966
14	2.0461	0.9645



Обобщение линий



Унификация формулы

Уникальные линии

- максимальный уровень площади
- минимальный уровень площади
- экономический минимум

Заменяемые линии

- экономический максимум - на максимальный уровень площади
- стандартная линия роста - на линия роста

Объединяемые линии

- линия роста
- линия восстановления



Унификация формулы

$$y = f(x)$$

$$y = a_1x_1^1 + a_2x_1^2 + a_3x_1^3 \dots a_nx_1^n$$

Не позволит учесть разные уровни линий

Линии будут «слипаться» в одну линию

$$y = f(x, z)$$

$$y = a_1x^1 + a_2x^2 + a_3x^3 \dots a_nx^n + b_1z^1 + b_2z^2 + b_3z^3 \dots b_nz^n$$

Позволяет учесть разные уровни линий посредством стартового параметра:

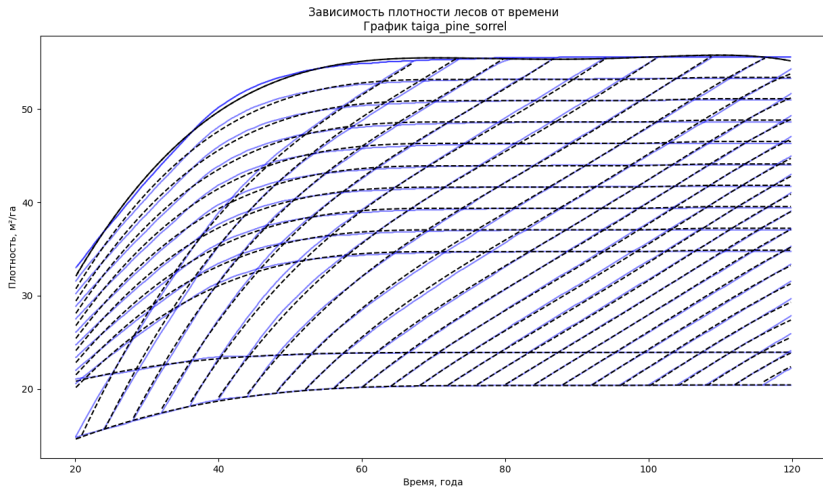
$z = 0$: уникальные линии

$z = y_0$: линия роста

$z = x_0$: линия восстановления



Проверка модели



Проверка модели

Тип линии	Кол-во измерений	MSE	R^2	max abs loss
экономический минимум	691	0.0046	0.9914	0.2474
линия роста	7061	0.0442	0.9993	0.9116
максимальный уровень площади	706	0.0715	0.9978	0.8155
минимальный уровень площади	706	0.0030	0.9986	0.1915
линия восстановления	7645	0.0423	0.9996	1.0512



Проверка величины ошибки

Абсолютная ошибка

Максимальная величина ошибки: 1.0512 м²/га

Стандартная точность замеров на практике: до 1 м²/га

Относительная ошибка

$$\frac{1.0512}{55.58 - 14.842} \approx 0.026 = 2.6\%$$

Предел согласно нормативно-правовым актам: 8%



Преимущества модели

Преимущества модели

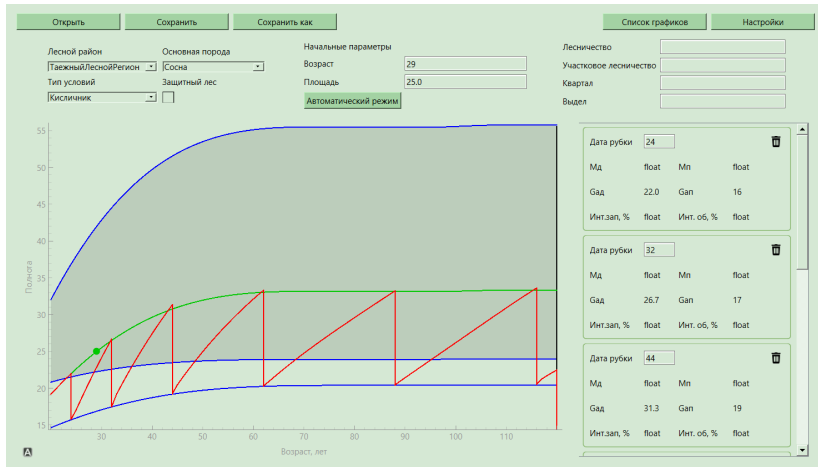
- + Простота реализации
- + Необходимость хранения небольшого количества информации
- + Достаточно высокая(относительно затрат) точность предсказания

Недостатки модели

- - Невозможно предсказание вне интервала обучения
- - Отсутствие единого набора коэффициентов, которые описали бы все линии графика
- - Отсутствует стандартный функционал для сохранения моделей



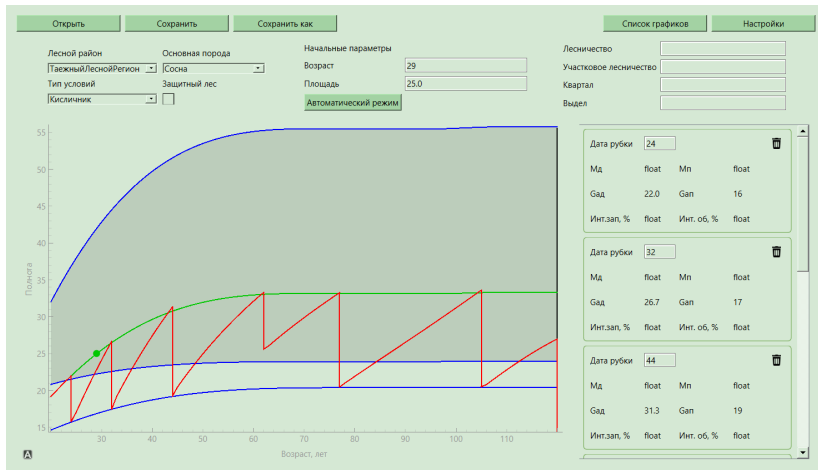
Пример реализации



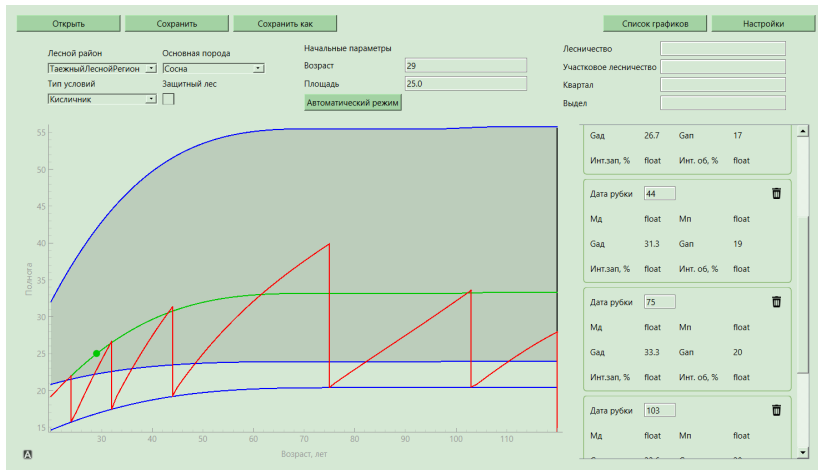
Пример реализации



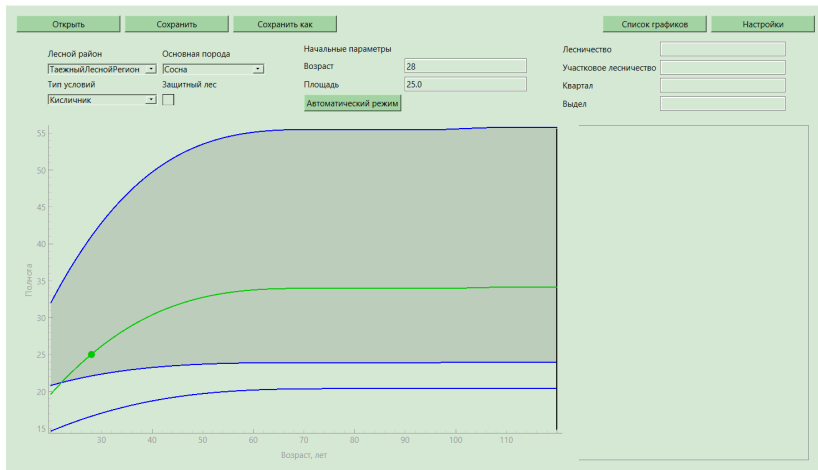
Пример реализации



Пример реализации



Пример реализации



Направление дальнейшего развития системы

- Повышение функциональности информационной системы и её UI/UX
- Кроссплатформенность и/или удалённость
- Автоматизация предварительной обработки изображения



Потенциальные преимущества

Локальный уровень

- Экономия человеческих ресурсов на информационное и документальное сопровождение
- Улучшение состояния леса с экологической/лесохозяйственной точки зрения
- Максимизация экономической эффективности

Глобальный уровень

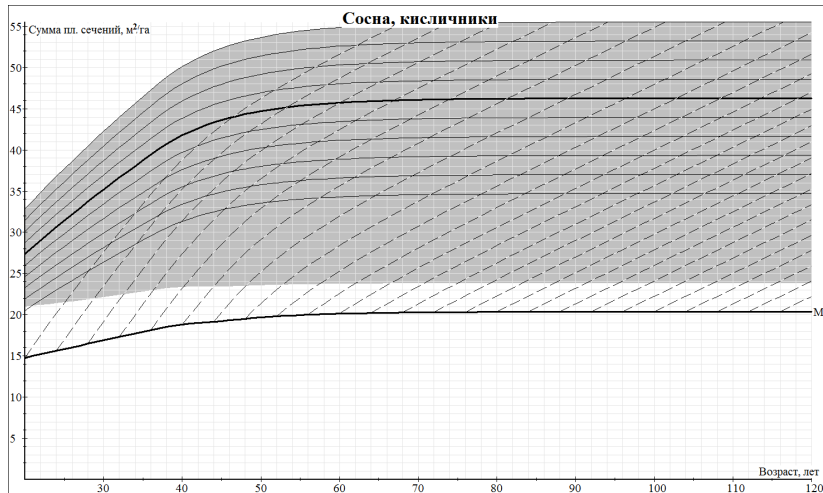
- Централизованное повешение эффективности работ
- Актуальная информация «онлайн»
- Централизованное планирование деятельности



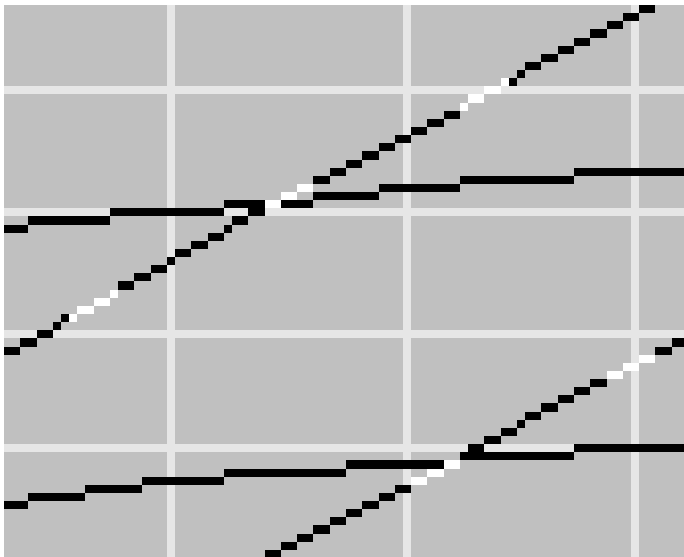
Спасибо за внимание!



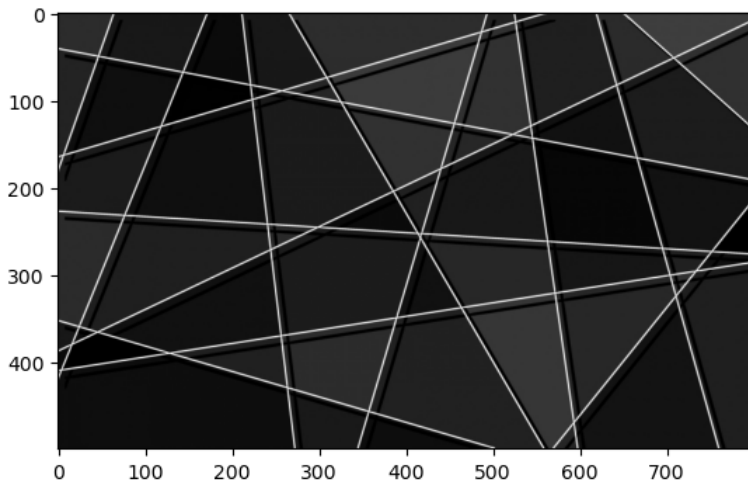
Образец данных



Возникшая проблема



Пространство Хафа



Линейная функция

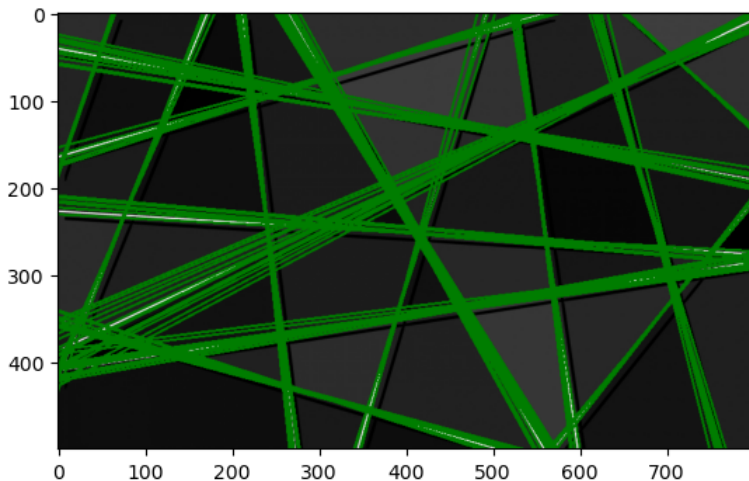
$$y = ax + b$$

Определение параметров

- 1 Переход в пространство (a, b)
- 2 Определение точек пересечения графиков
- 3 Возвращение к изначальным параметрам



Пространство Хафа



Пространство Хафа

