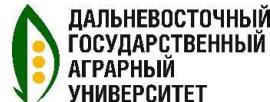


приоритет2030<sup>+</sup>

ДАЛЬНИЙ ВОСТОК



ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АГРАРНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

ЦЕНТР

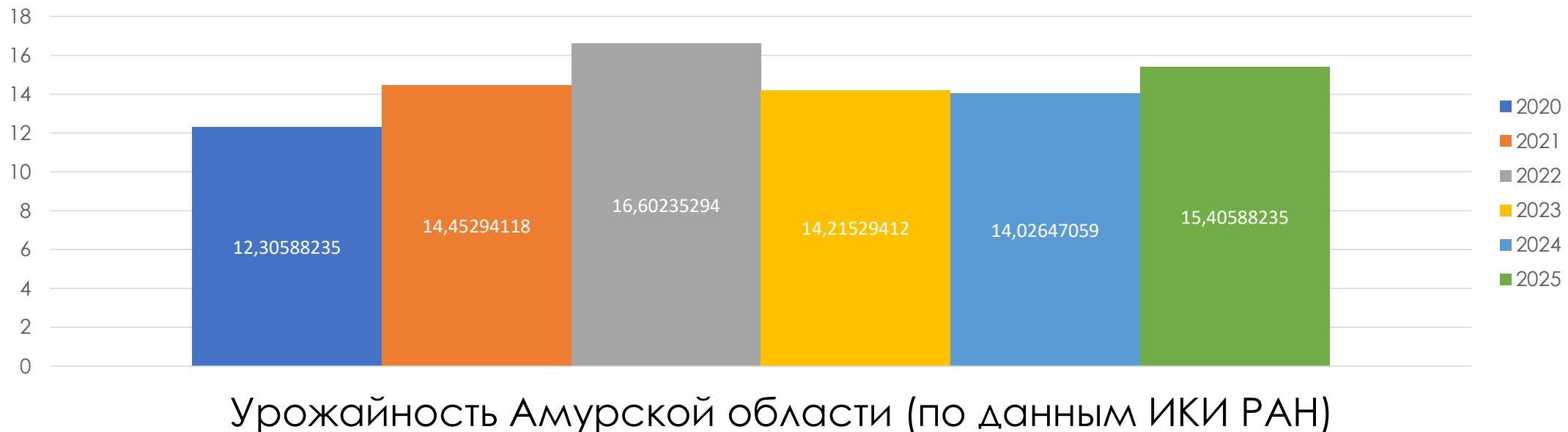
Искусственного  
Интеллекта

Прогнозирование  
урожайности на базе  
спутниковой  
ретроспективы с  
применением ИИ



### ПОЧЕМУ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ УРОЖАЙНОСТИ – ЭТО ВАЖНО?

Амурская область – это ключевой аграрный регион России на Дальнем Востоке. Точность прогноза урожайности позволит минимизировать риски, оптимизировать ресурсы и повысить продовольственную безопасность.



**Цель:** Создание точного и своевременного прогноза урожайности сельскохозяйственных культур в Амурской области на поле.

## Задачи:

- 1** Сбор и интеграция данных
- 2** Разработка модели
- 3** Учет пространственных факторов
- 4** Обработка данных
- 5** Прогнозирование
- 6** Оптимизация и улучшение

```
<script>
  if (sbjs !== 'undefined') {
    sbjs.init({
      domain: {
        host: 'unisender.com',
        isolate: false,
      }
    });
  }
</script>
<!-- End Source Buster -->

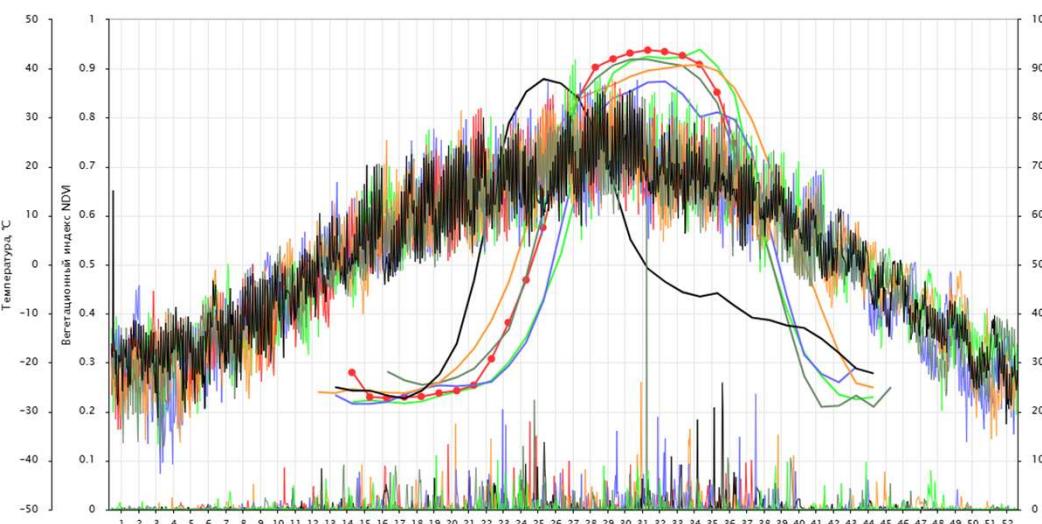
<meta charset="utf-8">
<meta http-equiv="x-ua-compatible" content="ie=edge">
<meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1, maximum-scale=5">
<script>
  if (sbjs !== 'undefined') {
    sbjs.init({
      domain: {
        host: 'unisender.com',
        isolate: false,
      }
    });
  }
</script>
<!-- End Source Buster -->

<meta charset="utf-8">
<meta http-equiv="x-ua-compatible" content="ie=edge">
<meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1, maximum-scale=5">
```

# СБОР И ИНТЕГРАЦИЯ ДАННЫХ

## «сырые» данные

AAK_150925
raw_3101_weather.csv
raw_3101_ndvi.csv
raw_3098_weather.csv
raw_3098_ndvi.csv
raw_3061_weather.csv
raw_3061_ndvi.csv
raw_3013_weather.csv
raw_3013_ndvi.csv
raw_3012_weather.csv
raw_3012_ndvi.csv
raw_3011_weather.csv
raw_3011_ndvi.csv
raw_3010_weather.csv
raw_3010_ndvi.csv
coordinates.csv
Выпуск продукции с поля.xlsx



Показатели температур, осадков, вегетации

приоритет2030<sup>+</sup>  
ДАЛЬНИЙ ВОСТОК

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АГРАРНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

ЦЕНТР  
Искусственного  
Интеллекта

day of yes	2025	2024	2023	2022	2021	2020	2029	2024	2023	2022	2021	2020
1.06.00	0	0.2	0.1	0	0	0	16.931	-17.793	-18.531	-18.774	-22.256	-16.743
1.12.00	0	0.33	0.1	0.3	0	0	20.577	-14.537	-15.883	-16.774	-22.256	-16.568
1.18.00	0	0	0	0.4	0	0	21.582	-21.99	-20.658	-20.585	-22.916	-18.926
2.00.00	0	0	0	0.1	0	0	21.849	-30.029	-21.049	-23.297	-24.448	-15.153
2.06.00	0	0	0.1	0.1	0	0	16.003	-15.613	-15.958	-18.207	-17.858	-14.287
2.12.00	0	0	0.1	0.1	0.1	0	23.811	-19.407	-17.736	-21.195	-22.078	-17.271
2.18.00	0	0	0	0	0	0	25.713	-17.913	-18.741	-21.915	-23.892	-18.158
3.00.00	0	0.1	0	0	0	0	31.509	-15.449	-19.218	-24.869	-26.169	-22.365
3.06.00	0.1	0.2	0	0.1	0	0	20.376	-10.598	-17.558	-18.607	-17.145	-17.45
3.12.00	0.1	0.4	0.1	0.1	0.1	0	27.115	-13.808	-17.994	-20.996	-22.208	-25.613
3.18.00	0	0.1	0	0	0	0	27.115	-13.808	-17.994	-20.996	-22.208	-25.613
4.00.00	0	0.2	0	0	0	0	33.641	-20.573	-19.029	-20.445	-20.848	-26.648
4.06.00	0.1	0.6	0	0	0	0	20.496	-14.747	-12.429	-16.66	-18.648	-16.526
4.12.00	0.1	1.2	0	0	0	0	28.785	-15.249	-17.049	-21.198	-23.352	-19.702
4.18.00	0	1.5	0	0	0	0	31.171	-17.375	-18.044	-20.502	-26.526	-19.948
5.00.00	0	0.5	0	0.2	0	0	33.57	-19.843	-20.918	-17.135	-30.494	-19.417
5.06.00	0	0	0	0.6	0	0	18.603	-16.505	-14.71	-12.908	-19.573	-14.398
5.12.00	0	0	0	0.4	0	0	22.884	-24.114	-25.09	-18.613	-28.011	-21.372
5.18.00	0.1	0	0	0.1	0	0	23.149	-28.687	-25.259	-23.162	-27.114	-25.763
6.00.00	0.2	0	0	0	0	0	24.431	-34.822	-34.561	-36.422	-30.312	-29.981
6.06.00	0.3	0	0	0	0.1	0	16.186	-18.081	-17.189	-16.745	-22.775	-15.244
6.12.00	0.4	0	0	0	0.1	0	16.186	-18.081	-17.189	-16.745	-22.775	-15.244
6.18.00	0.5	1.11	0	0	0.2	0	23.034	-22.771	-26.537	-15.939	-27.777	-19.007
7.00.00	0.1	0.1	0	0	0	0	26.968	-24.19	-28.664	-20.029	-23.211	-18.964
7.06.00	0.1	0	0	0.2	0.1	0	22.103	-17.813	-15.267	-12.885	-23.077	-15.355
7.12.00	0	0	0	0.2	0.2	0	24.637	-21.411	-19.984	-16.799	-26.453	-20.955
7.18.00	0.1	0	0	0	0	0	25.645	-21.216	-24.224	-27.558	-20.897	-17.45
8.00.00	0	0	0	0	0	0	29.842	-20.152	-22.296	-31.624	-26.557	-24.97
8.06.00	0	0	0.1	0	0.2	0	18.901	-16.075	-14.332	-16.380	-19.78	-14.946
8.12.00	0.4	0.1	0.8	0	0.2	0	15.327	-21.016	-17.317	-21.475	-23.951	-22.735
8.18.00	0.6	0	0.2	0	0	0	15.205	-25.651	-23.265	-21.315	-24.471	-24.501
9.00.00	0.2	0	0	0.1	0	0	16.672	-23.768	-26.066	-21.774	-25.302	-24.501
9.06.00	0.2	0	0	0.11	0	0	16.672	-23.768	-26.066	-21.774	-25.302	-24.501
9.12.00	0.2	0.2	0	0	0	0	16.263	-17.499	-17.703	-24.168	-24.719	-20.019
9.18.00	0.2	0	0	0	0	0	14.916	-25.229	-14.281	-23.451	-23.025	-17.387
10.00.00	0.1	0	0	0	0	0	21.036	-23.636	-15.222	-20.563	-23.492	-16.915
10.06.00	0.1	0	0	0.1	0	0	12.318	-13.295	-9.99	-19.46	-14.472	-11.442
10.12.00	0.1	0.2	0	0	0.1	0	16.449	-16.811	-14.976	-23.478	-19.862	-13.91
10.18.00	0	0.2	0	0	0	0	12.223	-19.646	-14.661	-23.099	-22.313	-16.721
11.00.00	0	0.2	0.2	0	0	0	25.945	-22.599	-9.789	-30.111	-20.531	-16.386
11.06.00	0	0.1	0.1	0	0	0	13.958	-19.26	-5.135	-14.354	-14.124	-11.424
11.12.00	0	0	0	0.1	0	0	21.028	-24.121	-8.286	-22.652	-19.793	-17.631
11.18.00	0	0	0.2	0	0	0	21.501	-27.779	-10.31	-26.533	-25.881	-18.627
12.00.00	0	0	0	0.2	0	0	16.672	-15.355	-19.514	-13.571	-20.425	-17.979
12.06.00	0	0	0.4	0	0	0	15.202	-18.097	-4.68	-18.234	-17.125	-12.158
12.12.00	0	0	0.6	0	0.3	0	19.324	-25.348	-4.236	-26.133	-20.462	-15.736
12.18.00	0	0	0.1	0.4	0	0	20.743	-28.182	-14.309	-24.946	-19.212	-16.38
13.00.00	0	0	0	0	0.3	0	22.767	-25.279	-17.26	-30.519	-19.579	-19.01
13.06.00	0.3	0	0.1	0.2	0.2	0	12.602	-13.87	-15.124	-15.586	-16.733	-12.469
13.12.00	0.4	1	0	0	0.2	0	15.928	-14.373	-22.426	-20.336	-19.952	-21.821
13.18.00	0.3	1.6	0	0	0	0	21.089	-25.678	-25.402	-22.451	-24.06	-23.603
14.00.00	0.1	0.4	0	0	0	0	21.867	-18.968	-30.882	-26.028	-29.923	-22.511
14.06.00	0.1	0.5	0	0	0	0	16.672	-15.355	-19.514	-13.571	-20.425	-17.979
14.12.00	0.1	0.2	0	0	0	0	20.705	-14.919	-25.409	-18.854	-23.225	-20.983
14.18.00	0	0	0	0	0	0	25.576	-20.672	-25.184	-16.773	-27.144	-19.534
15.00.00	0	0	0	0.2	0	0	26.878	-23.087	-25.263	-17.409	-22.802	-21.811
15.06.00	0	0	0	0.3	0	0	15.598	-14.111	-17.609	-16.329	-20.561	-15.856
15.12.00	0.4	0	0.2	0.7	0	0	16.743	-19.385	-23.706	-16.827	-29.703	-18.965
15.18.00	0.4	0	0.8	0	0	0	19.488	-16.38	-30.932	-20.832	-21.166	-18.054
16.00.00	0.1	0	0	0.7	0	0	24.454	-14.264	-36.522	-17.818	-30.08	-24.218
16.06.00	0	0	0	0.5	0	0	17.069	-9.779	-18.819	-15.147	-17.866	-14.438
16.12.00	0	0	0	0.4	0	0	18.871	-14.915	-23.431	-17.042	-22.102	-18.42
16.18.00	0	0	0	0.3	0.1	0	20.705	-14.919	-25.409	-18.854	-23.225	-20.983
17.00.00	0.2	0.1	0.5	0.2	0.1	0	17.705	-13.131	-20.247	-14.461	-24.615	-20.645
17.06.00	0	0.2	0.2	0.1	0.2	0	13.198	-12.461	-20.637	-20.135	-18.137	-15.137
17.12.00	0	0.4	0	0.1	0	0	17.915	-12.12	-30.297	-19.23	-27.153	-18.89
17.18.00	0	0	0	0	0	0	14.576	-20.598	-32.155	-22.232	-20.061	-17.45
18.00.00	0.1	0	0	0.1	0	0	11.392	-23.046	-31.616	-29.675	-27.98	-19.74
18.06.00	0.3	0	0.2	0	0.1	0	5.418	-12.992	-20.086	-17.078	-21.011	-15.887
18.12.00	0.5	0	0.6	0	0.1	0	10.394	-16.976	-19.91	-22.254	-25.296	-22.058
18.18.00	0.5	0	0.6	0	0	0	13.628	-22.676	-20.405	-22.238	-26.902	-22.821
19.00.00	0.2	0.3	0.6	0.1	0	0	18.366	-21.842	-21.056	-25.129	-28.052	-26.119
19.06.00	0	0	0.3	0	0	0	13.576	-18.526	-20.697	-14.312	-18.484	-17.256
19.12.00	0	0	0.2	0	0	0	22.312	-24.485	-23.575	-18.384	-22.513	-26.258
19.18.00	0	0	0	0	0	0	25.342	-28.665	-28.651	-22.772	-21	-18.054
20.00.00	0	0	0	0	0	0	21.984	-36.640	-31.251	-32.951	-23.347	-31.248
20.06.00	0	0	0	0	0.1	0	11.083	-21.325	-27.79	-16.853	-15.117	-15.601
20.12.00	0	0	0	0	1.4	0	20.239	-26.361	-33.473	-25.38	-15.046	-19.018

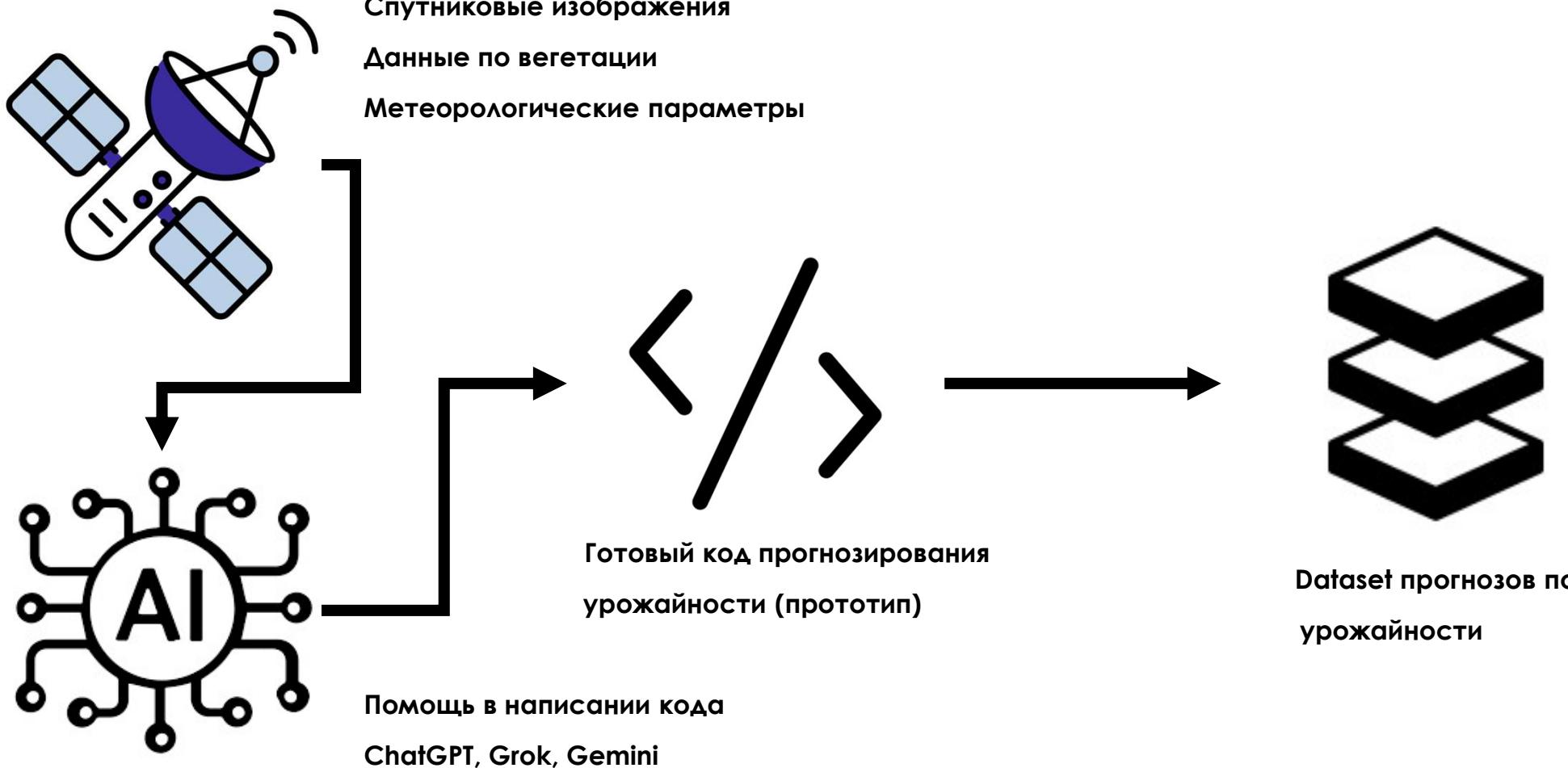
Открытый CSV

# РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ (ПРОТОТИП)

приоритет2030<sup>+</sup>  
ДАЛЬНИЙ ВОСТОК

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АГРАРНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

ЦЕНТР  
Искусственного  
Интеллекта



# УЧЕТ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ФАКТОРОВ

field_id	centroid_lat	centroid_lon	area_ha	perimeter_km	bbox_width_deg	bbox_height_deg
8	50.77230176	127.2880661	0.008680162914	7.993918582	0.03028491023	0.006691995064
8	50.77203104	127.2924459	1.40E-05	0.1404475301	0.00074833255	0.0003157969616
39	50.92250407	127.4615991	0.02352808991	13.37403958	0.03977727013	0.01889250686
39	50.92021953	127.4604298	0.0009057667337	2.133010256	0.005497490718	0.006413662864
39	50.91724607	127.4610945	3.76E-05	0.4048857484	0.001591083565	0.01470088562
39	50.9183128	127.4655783	2.45E-05	0.1881162742	0.000561406483	0.0005344209493
39	50.92305095	127.4729322	3.13E-05	0.2627196884	0.0008903963482	0.000504711746
39	50.92357991	127.4654782	4.00E-05	0.3557996077	0.001284148547	0.0009318076469
39	50.92107948	127.4564076	8.95E-05	0.4384897696	0.002139036038	0.001067708431
39	50.92638535	127.4474688	1.68E-05	0.1553083408	0.0008119389939	0.0004013486741
39	50.92531231	127.447783	2.00E-05	0.1938521562	0.0009015442767	0.0005450058332
39	50.91952058	127.4647888	2.93E-06	0.08034814243	0.0004117096648	0.00235751094
52	50.76810274	127.3349878	0.01205847445	9.972443957	0.02713218702	0.009741814723
52	50.77056034	127.3404678	3.03E-05	0.245177485	0.001160922008	0.0007204968435
52	50.76844483	127.3420833	2.23E-05	0.1912281175	0.0006021155261	0.0006531916681
52	50.76922626	127.3459035	1.94E-06	0.05199200236	0.0002513995259	0.0001338839224
73	50.72195388	127.4042307	0.009621327307	7.888709581	0.02072119798	0.01769980112
27	50.88793553	127.4534174	0.003498212962	2.422526326	0.01049380526	0.006862567173
47	50.89467717	127.5403025	0.01540286299	20.46251062	0.03667822832	0.0273617601
47	50.89700843	127.54857	1.22E-05	0.2693729722	0.001455917112	0.0007528910996
47	50.88744707	127.5410581	7.61E-06	0.1212885921	0.0007372030583	0.0002047212518
47	50.89971784	127.5400431	7.77E-06	0.1527180511	0.0003343273988	0.000621845915
47	50.88987775	127.5370858	4.44E-06	0.1204446073	0.0007966253372	0.0001260831779
47	50.89581938	127.5313729	0.0006249630638	1.436929695	0.007538974383	0.002818759129
48	50.87209211	127.5619204	0.01488869968	26.9719381	0.02923931667	0.02273203206
48	50.87170692	127.56886599	4.27E-05	0.6093497646	0.001030876809	0.002567185165
48	50.87876301	127.56468563	9.76E-06	0.1432885421	0.0003194984183	0.0005617558875
48	50.87455917	127.562123	2.88E-05	0.4024790642	0.002608515686	0.0006609393762
48	50.86979111	127.5663526	9.72E-06	0.1221430472	0.000638239913	0.0002825128585
79	50.75339147	127.314602	0.005231278731	6.333814011	0.01391091152	0.01339100828
79	50.74912541	127.3149285	1.66E-05	0.1895549168	0.0005365719255	0.0007393278231
10	50.88606184	127.5305931	0.0028987939373	6.676944028	0.009644986062	0.01168314237
98	50.81612836	127.3406368	0.005394578926	6.329942929	0.024185	0.010718333
99	50.82408073	127.3285517	0.009462467975	12.89590942	0.021563334	0.017256667
57	50.76343298	127.3490634	0.0003586180012	0.9923246878	0.005866884003	0.001300860316
81	50.75791565	127.3273349	0.005277657886	6.612949176	0.02919189315	0.009737881313
64	50.77483326	127.3088034	0.006872399674	8.770883774	0.02415873962	0.008601677834
80	50.82846601	127.4956769	0.00261311421	3.993868988	0.01066449467	0.01015718029
75	50.73166214	127.3273259	0.02417229825	14.34794018	0.02746855472	0.02372720704
75	50.73063397	127.3356755	0.0001197845528	0.4665423778	0.001438069767	0.001674849231
75	50.73124142	127.3318889	4.83E-05	0.2913959591	0.0008453212579	0.001047656722
75	50.72812856	127.3394193	4.17E-05	0.4709409977	0.0003947349603	0.002060449923
69	50.97009264	127.4879556	0.01786637231	23.7059806	0.04393629239	0.01738613609
69	50.96902875	127.5023408	0.0001458529299	0.4588022591	0.001930268388	0.001398527536

Координаты полей с  
предварительным расчетом

приоритет2030<sup>^</sup>  
ДАЛЬНИЙ ВОСТОК

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АГРАРНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

ЦЕНТР  
Искусственного  
Интеллекта



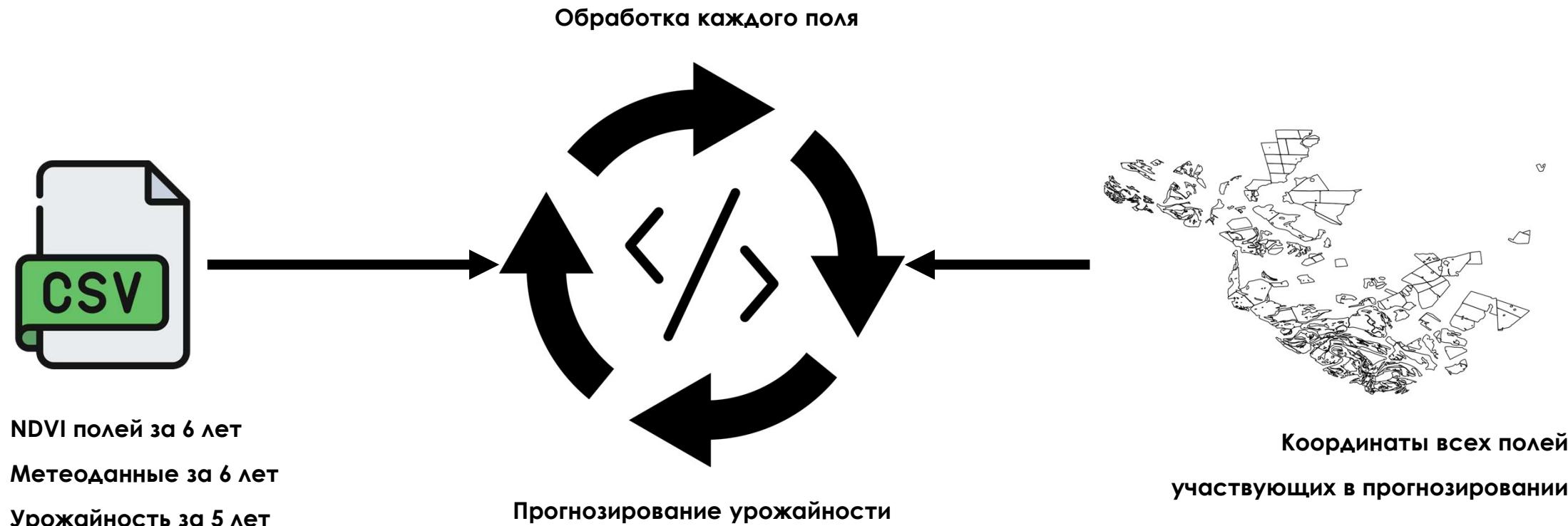
Shape файлы с/х полей

# ОБРАБОТКА ДАННЫХ

приоритет2030<sup>+</sup>  
ДАЛЬНИЙ ВОСТОК

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АГРАРНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

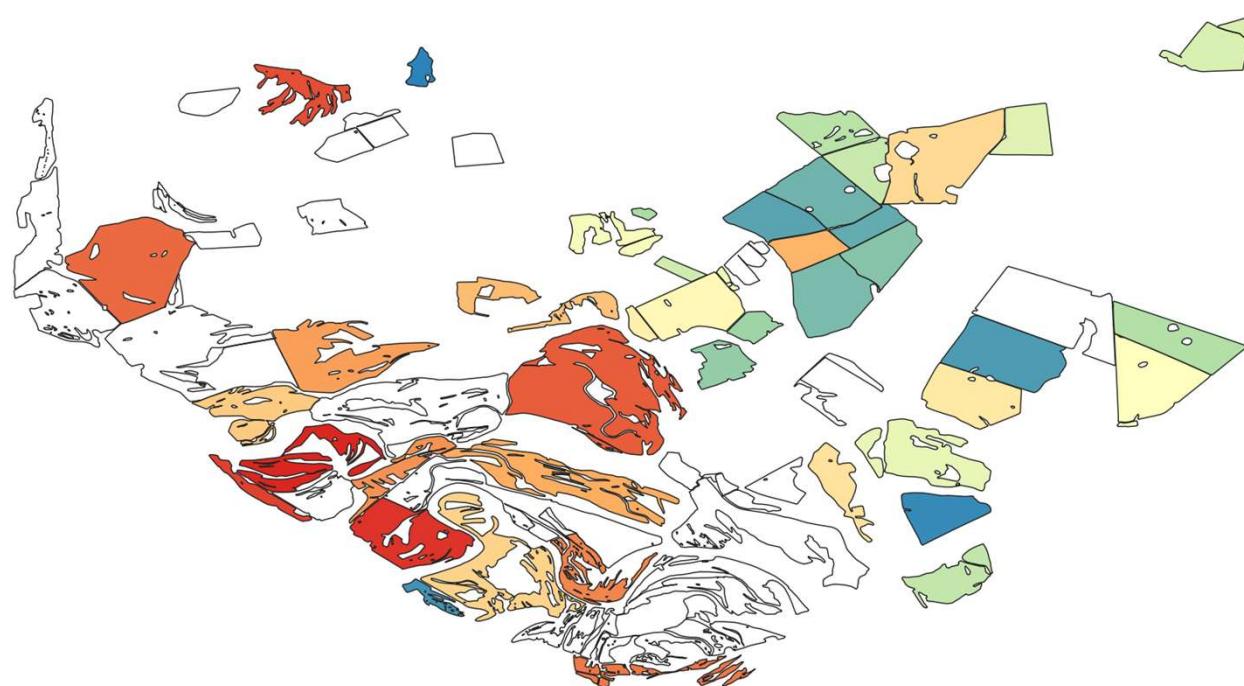
ЦЕНТР  
Искусственного  
Интеллекта



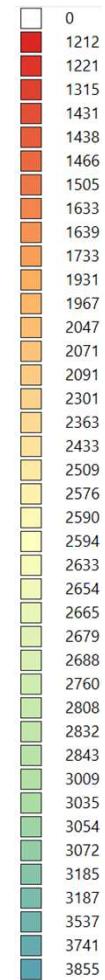
# ПРОГНОЗИРОВАНИЕ (РЕЗУЛЬТАТЫ)

№ поля	Текущая культура	Прогнозируемая урожайность, кг/га
3001	Соя	2687.76
3002	Соя	1632.70
3005	Соя	Нет данных
3006	Соя	Нет данных
3007	Соя	Нет данных
3008	Соя	2633.27
3009	Соя	3034.86
3010	Соя	3536.89
3011	Соя	3741.32
3012	Соя	3185.15
3013	Соя	3855.22
3018	Соя	2654.00
3019	Соя	2760.24
3020	Соя	2589.62
3021	Соя	2576.16
3023	Соя	3053.51
3024	Соя	3186.96
3027	Соя	3009.32
3029	Соя	2594.29
3030	Соя	5357.56
3031	Соя	2508.76
3037	Соя	2432.66
3038	Соя	3072.36
3034	Кукуруза	8257.22
3036	Кукуруза	2665.29
3040	Соя	2300.58
3041	Соя	5387.83
3043	Соя	1220.76
3049	Соя	1930.84
3051	Соя	2091.34
3055	Соя	1438.31
3057	Соя	2071.37
3061	Соя	1966.70
3065	Соя	1638.97
3068	Соя	Нет данных по метеопараметрам
3069	Соя	1314.61
3070	Соя	1212.01
3072	Соя	1504.52
3076	Соя	1733.32
3081	Соя	2046.74
3084	Соя	1431.18
3088	Соя	2832.27
3093	Соя	1465.69
3098	Соя	2808.16
3099	Соя	2362.76
3100	Соя	2678.57
3101	Соя	2843.07
3109	Соя	Мало данных для прогноза

Прогнозируемая урожайность по обработанным данным



Карта прогнозирования урожайности  
(Белое – участки не участвующие в прогнозировании)



- 1) Добавление почвенных данных** такие как NPK, pH (азот, фосфор, калий, кислотность)
- 2) Улучшение NDVI данных** используя данные EVI (улучшенный вегетационный индекс), LAI (индекс площади листьев), LST (температура поверхности земли)
- 3) Расширение метеоданных** с добавлением информации по влажности, радиации и т.д.
- 4) Включение агроданных** по ведению севооборота, внесению минеральных удобрений и определения вредителей
- 5) Добавление топографических данных** таких как высота и уклон рельефа, гидрологические данные
- 6) Использование более продвинутых разработок** в области кодирования (программирования). Научиться самому в общем понимания как все это происходит и от чего зависит.
- 7) Масштабирование текущей модели** на группировку всех регионов Амурской области

приоритет2030<sup>+</sup>

ДАЛЬНИЙ ВОСТОК



ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АГРАРНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

ЦЕНТР

Искусственного  
Интеллекта

**Благодарю за внимание!**

Кирьяков Никита Владимирович, специалист ГИС

