



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

Проект #1905

# Разработка системы кинематического анализа движения кисти

Москва, 2025

Руководитель проекта:  
Аксенов Сергей Алексеевич

Состав команды:  
Морозов Максим Сергеевич  
Чапанова Мадина Руслановна

## Состав команды и основные задачи

**Аксенов Сергей Алексеевич**

*Руководитель проекта*

- Планирование и контроль выполнения работ
- Организация коммуникации между командой проекта и заказчиком
- Обеспечение ресурсами и поддержка в решении операционных проблем
- Определение долгосрочных целей проекта и планов развития продукта
- Анализ результатов работы команды и формирование рекомендаций для улучшения процесса разработки
- Консультирование по вопросам разработки концепции проекта и его развития

**Институт когнитивных нейронаук**

**Центр биоэлектрических  
интерфейсов**

*Заказчик*

- Предоставление данных, полученных в результате проведенных исследований
- Участие в определении требований к программному обеспечению
- Предоставление обратной связи по результатам использования программного обеспечения на реальных данных
- Консультирование в вопросах трактования значений полученных в ходе экспериментов данных в области кинематического анализа движений и исследования кортикального представительства моторного планирования

## Состав команды и основные задачи

**Морозов Максим Сергеевич**

**Аналитик - разработчик**

*Магистерская программа*

*«Интернет вещей и киберфизические системы»*

- Анализ и управление требованиями системы
- Оптимизация имеющихся алгоритмов обработки данных
- Проектирование архитектуры системы
- Программная реализация алгоритмического блока функционала
- Коммуникация с заказчиком для детализации требований и формирование рекомендаций
- Управление документацией проекта и системы

**Чапанова Мадина Руслановна**

**Разработчик FE**

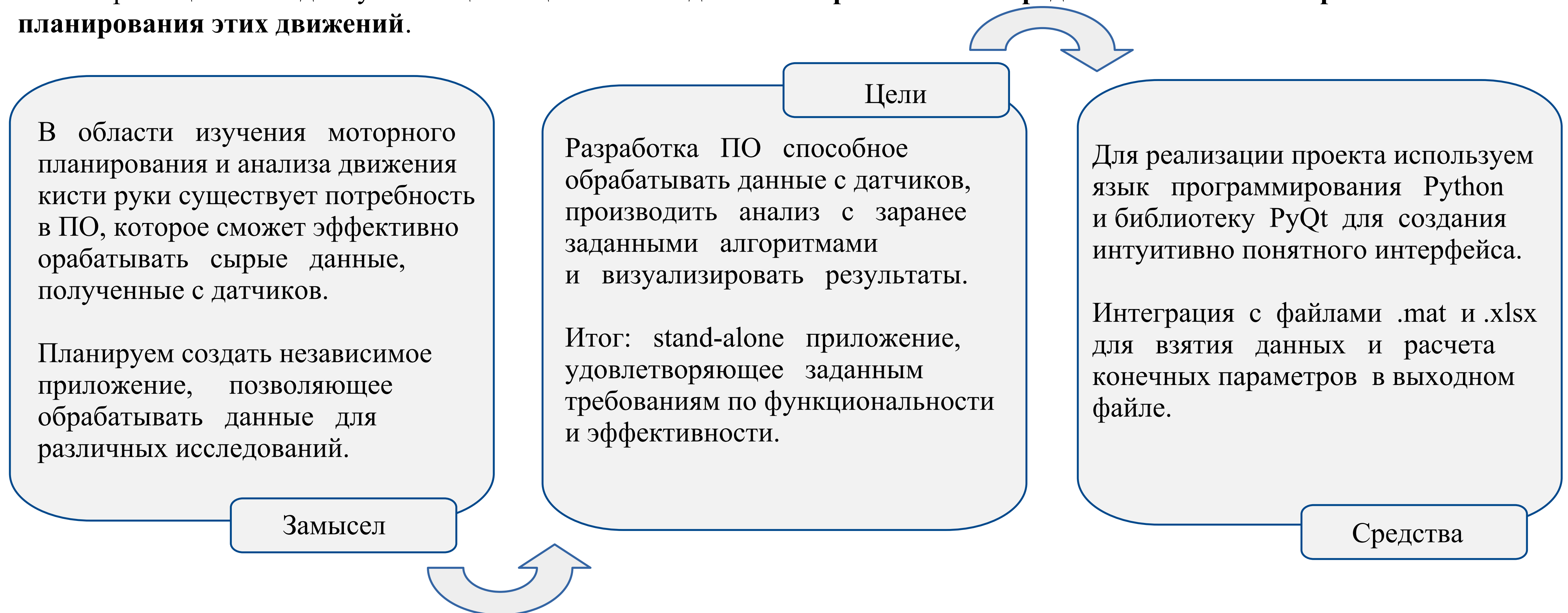
*Бакалаврская программа*

*«Информатика и вычислительная техника»*

- Коммуникация с заказчиком для корректировки требований к интерфейсу и улучшения пользовательского опыта
- Макетирование и программная реализация графического интерфейса пользователя системы
- Программная реализация функционала управления файлами системы
- Участие в подготовке программной и проектной документации

## О проекте

В рамках проекта **оптимизировали алгоритмы и программное обеспечение**, использующее данные алгоритмы для **анализа кинематических данных**, генерируемых при проведении эксперимента, в которых записываются взятие объекта и его перемещение в заданную позицию с целью **исследования кортикального представительства моторного планирования этих движений**.





## Цель

Разработка программного продукта, реализующего алгоритмы кинематического анализа движения кисти руки человека для исследования кортикального представительства моторного планирования в мозге.

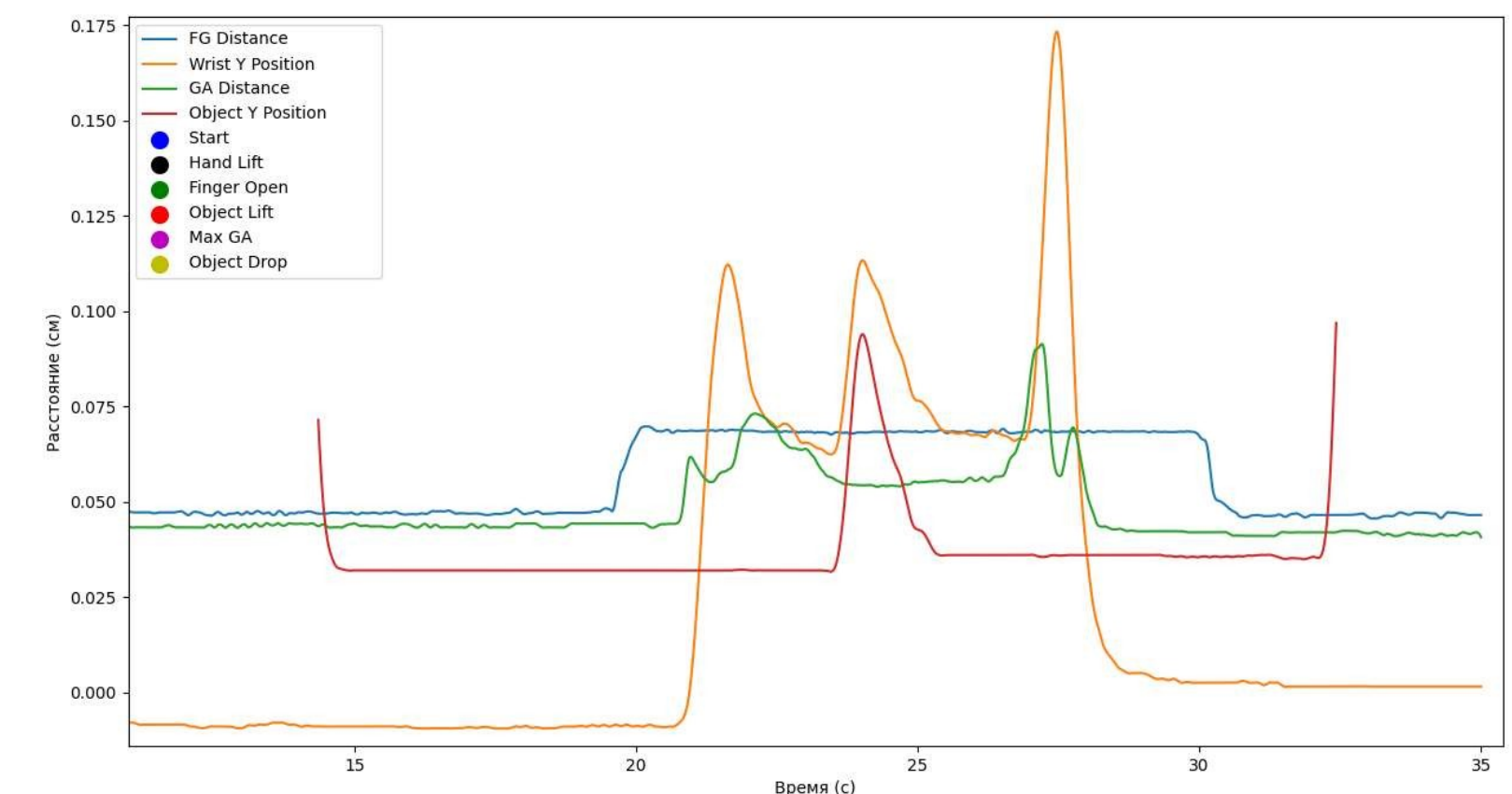
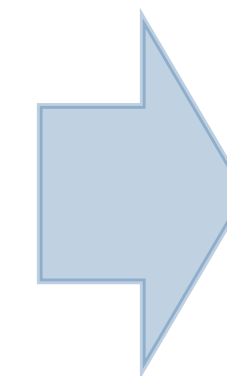
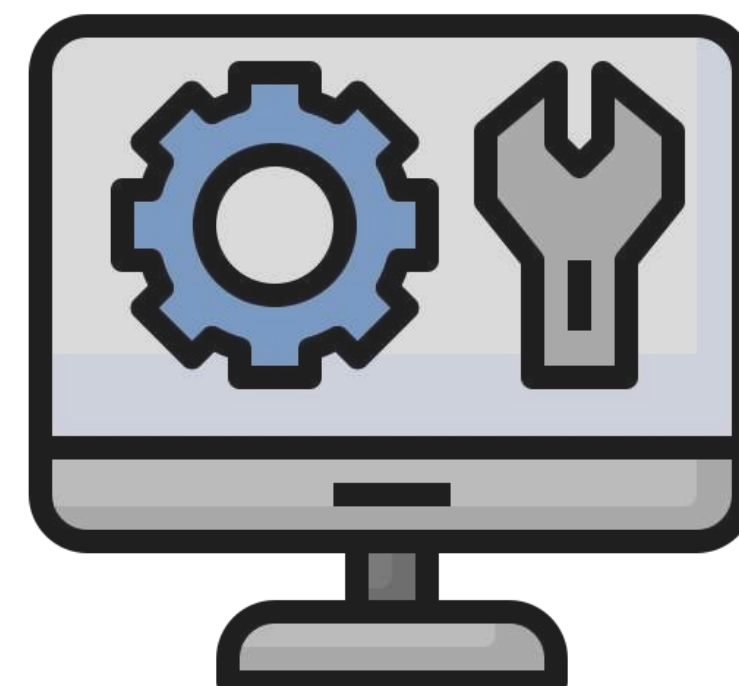
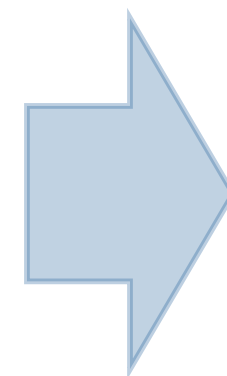
## Ключевые задачи

- Оптимизация алгоритмов расчета ключевых параметров и их анализа для формирования метрик на основе предоставленных кинематических данных.
- Разработка пользовательского интерфейса и реализация функциональных модулей ПО для проведения анализа данных.
- Тестирование ПО на реальных данных и валидация результатов с участием экспертов и контрольной выборки.
- Разработка документации для пользователей системы, включая руководство пользователя и документацию разработчика.
- Анализ обратной связи, оценка эффективности работы ПО, планирование улучшений и исследование возможностей коммерциализации.

```

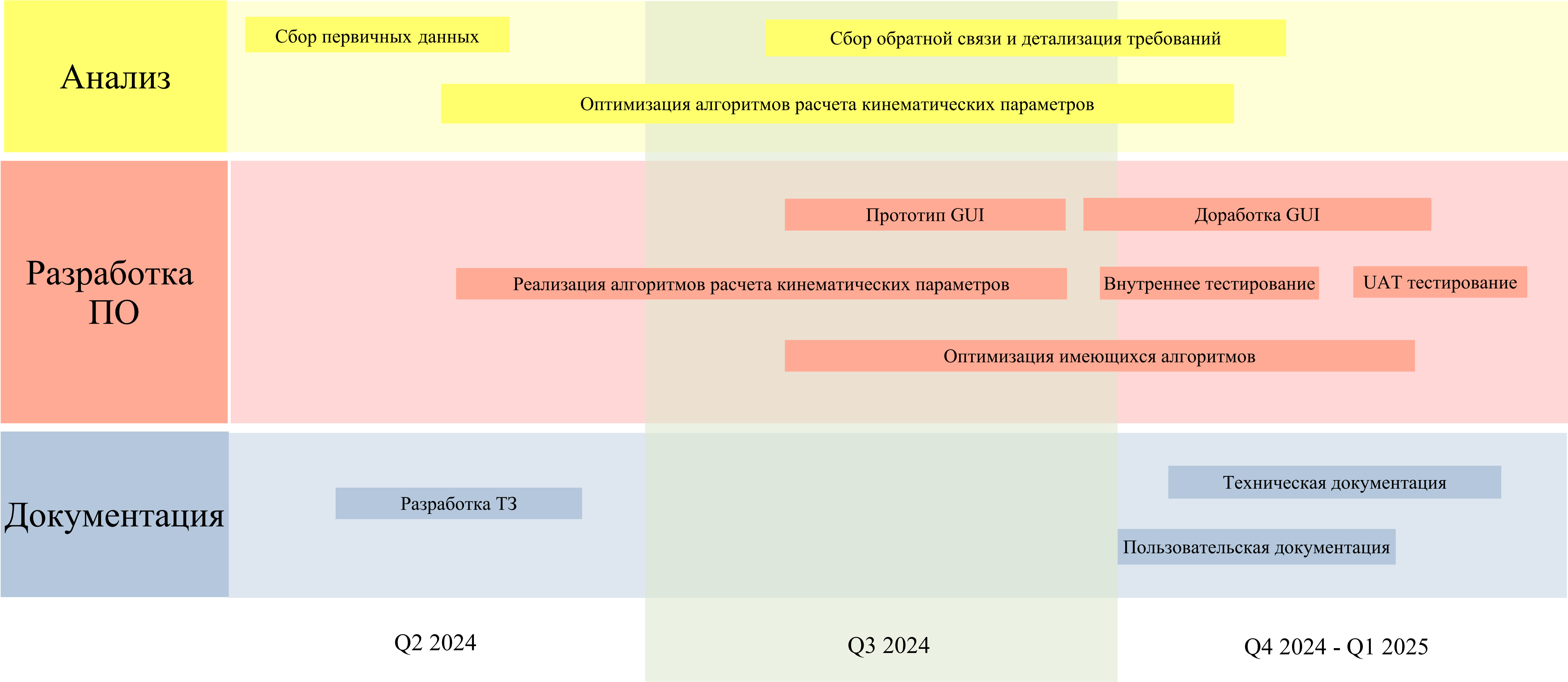
1  BTS ASCII format
2
3  Type:                Point 3D tracks
4  Measure unit:        m
5
6  Tracks:              1
7  Frequency:           250 Hz
8  Frames:              492106
9  Start time:          0.000
10
11  Frame                Time                Thumb.X                Thumb.Y                Thumb.Z
12  0                    0.000                0.629                0.016                0.315
13  1                    0.004                0.629                0.016                0.315
14  2                    0.008                0.629                0.016                0.315
15  3                    0.012                0.629                0.016                0.315
16  4                    0.016                0.629                0.016                0.315

```



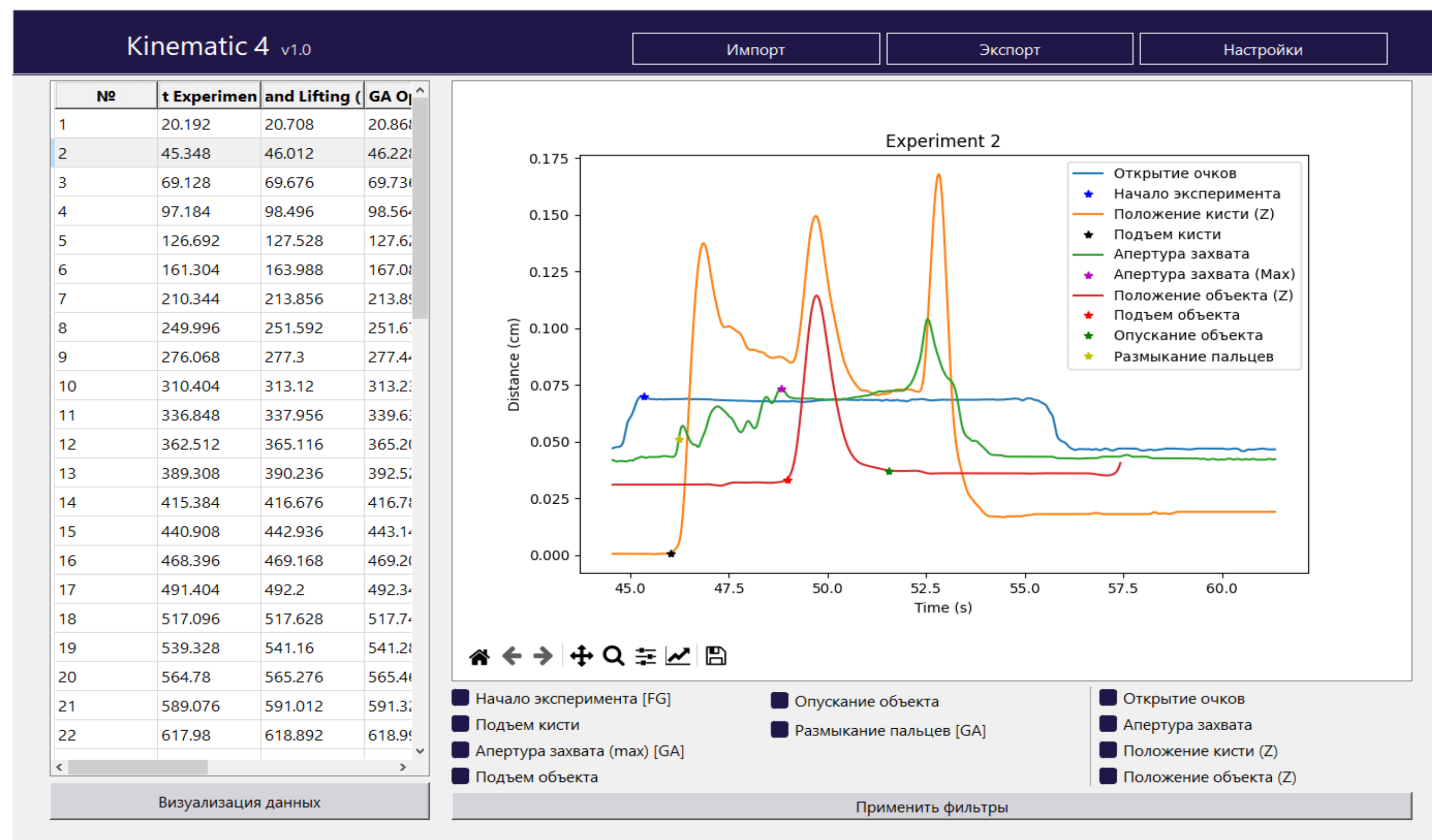


# Этапы реализации



## Результат работы

Разработан программный продукт, реализующий алгоритмы кинематического движения кисти руки человека для формирования метрик, необходимых для исследования кортикального представительства моторного планирования в мозге.



Kinematic 4 v1.0

Расстояние между пиками:

Пороговое значение скорости поднятия руки:

Пороговое значение открытия пальца:

Пороговое значение скорости подъема предмета:

Пороговое значение скорости опускания предмета:

Максимальное значение Frame-Glasses:

Минимальное значение Frame-Glasses:

Обновить отчет

Вернуть значения по умолчанию

\*Окно настроек

\*Главное окно приложения с импортированными данными и графическим представлением одного из экспериментов





# Результат работы

Subject	Object	Object orientation	Plate orientation	Object Degree	Plate Degree	Rotation	Group	Start	Hand lifting	GA opening	Object lifting	GA Max	Object Placed	Hand lifting	GA opening	Object lifting	GA max	Total movement time	Reaction time	Time of max GA	Time to reach	GA%	Time of object movement
S4	D	3	3	180	180	0	N1	20,192	20,708	20,868	23,412	20,868	25,492	0,516	0,676	3,22	0,676	5,3	0,516	0,16	2,704	5,917159763	2,08
S4	B	3	3	180	180	0	N1	45,348	46,012	46,228	48,972	46,228	51,556	0,664	0,88	3,624	0,88	6,208	0,664	0,216	2,96	7,297297297	2,584
S4	B	1	4	0	270	-270	N2	69,128	69,676	69,736	74,54	69,736	77,196	0,548	0,608	5,412	0,608	8,068	0,548	0,06	4,864	1,233552632	2,656
S4	D	4	4	270	270	0	N1	97,184	98,496	98,564	102,52	98,564	104,472	1,312	1,38	5,336	1,38	7,288	1,312	0,068	4,024	1,689860835	1,952
S4	B	3	1	180	0	180	N3	126,692	127,528	127,628	130,432	127,628	132,508	0,836	0,936	3,74	0,936	5,816	0,836	0,1	2,904	3,443526171	2,076
S4	A	2	1	90	0	90	N2	161,304	163,988	167,08	168,968	167,08	174,372	2,684	5,776	7,664	5,776	13,068	2,684	3,092	4,98	62,08835341	5,404
S4	A	4	3	270	180	90	N2	210,344	213,856	213,896	216,344	213,896	221,384	3,512	3,552	6	3,552	11,04	3,512	0,04	2,488	1,607717042	5,04
S4	B	4	2	270	90	180	N3	249,996	251,592	251,672		251,672		1,596	1,676		1,676		1,596	0,08			
S4	D	2	1	90	0	90	N2	276,068	277,3	277,448	279,596	277,448	282,416	1,232	1,38	3,528	1,38	6,348	1,232	0,148	2,296	6,445993031	2,82
S4	C	2	4	90	270	-180	N3	310,404	313,12	313,232	316,556	313,232	317,96	2,716	2,828	6,152	2,828	7,556	2,716	0,112	3,436	3,259604191	1,404
S4	B	4	1	270	0	270	N4	336,848	337,956	339,636	341,76	339,636	343,752	1,108	2,788	4,912	2,788	6,904	1,108	1,68	3,804	44,16403785	1,992
S4	A	1	3	0	180	-180	N3	362,512	365,116	365,204	368,552	365,204	370,084	2,604	2,692	6,04	2,692	7,572	2,604	0,088	3,436	2,561117579	1,532
S4	C	3	4	180	270	-90	N4	389,308	390,236	392,528	395,02	392,528	397,42	0,928	3,22	5,712	3,22	8,112	0,928	2,292	4,784	47,909699	2,4
S4	C	1	4	0	270	-270	N2	415,384	416,676	416,78	419,284	416,78	421,528	1,292	1,396	3,9	1,396	6,144	1,292	0,104	2,608	3,987730061	2,244
S4	B	2	3	90	180	-90	N4	440,908	442,936	443,148	446,38	443,148	448,808	2,028	2,24	5,472	2,24	7,9	2,028	0,212	3,444	6,155632985	2,428
S4	D	2	2	90	90	0	N1	468,396	469,168	469,204	471	469,204	473,248	0,772	0,808	2,604	0,808	4,852	0,772	0,036	1,832	1,965065502	2,248
S4	C	1	1	0	0	0	N1	491,404	492,2	492,348	495,844	492,348	497,996	0,796	0,944	4,44	0,944	6,592	0,796	0,148	3,644	4,061470911	2,152

*\*Экспортированный файл с результатами обработки данных эксперимента*

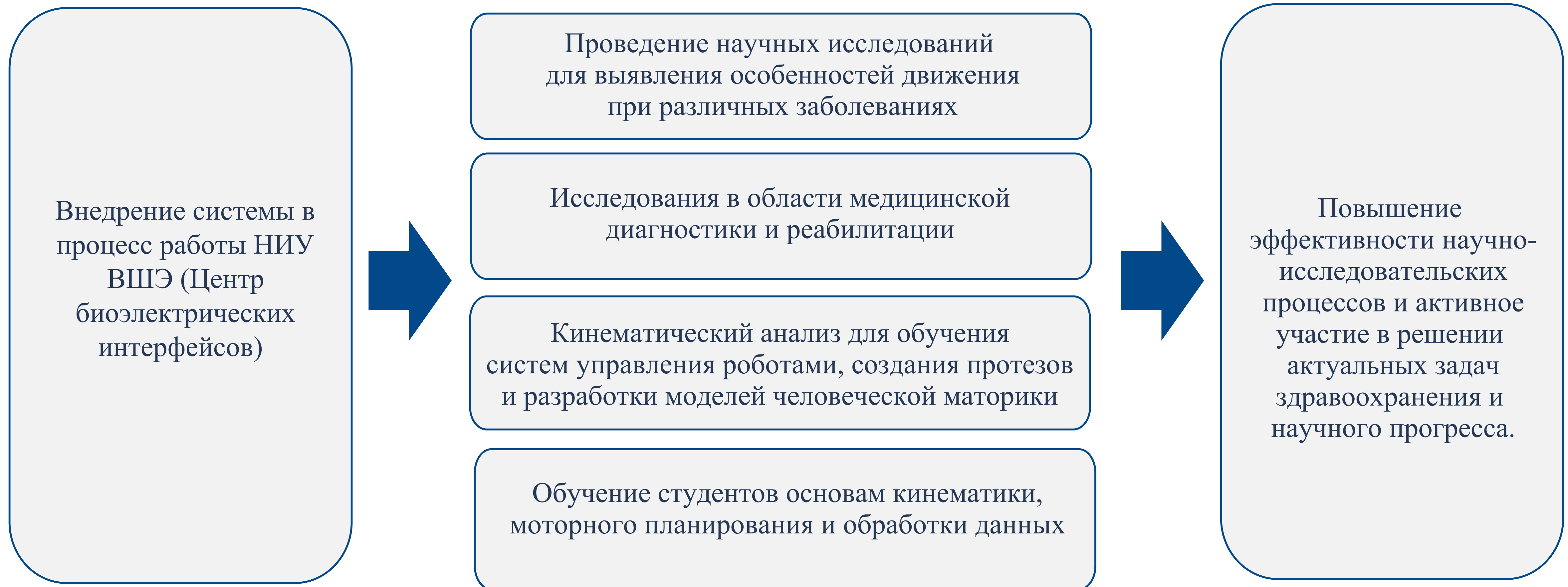




# Результат работы

Subject	Object	Object orientation	Plate orientation	Object Degree	Plate Degree	Rotation	Group	Start	Hand lifting	GA opening	Object lifting	GA Max	Object Placed	Hand lifting	GA opening	Object lifting	GA max	Total movement time	Reaction time	Time of max GA	Time to reach	GA%	Time of object movement
S4	D		3	3	180	180	0 N1	0,016	0,012	0	0,08	1,264	0,12	0,004	0,016	0,064	1,248	0,136	0,004	1,252	0,068	5,407780254	0,2
S4	B		3	3	180	180	0 N1	0,084	0,008	0,004	0,088	0,996	0,748	0,076	0,08	0,172	1,08	0,664	0,076	1,004	0,096	6,898082638	0,836
S4	B		1	4	0	270	-270 N2	0,02	0,004	0	0,076	1,008	0,464	0,024	0,02	0,096	1,028	0,444	0,024	1,004	0,072	1,017993474	0,54
S4	D		4	4	270	270	0 N1	0,02	0,004	0	0,072	1,868	0,108	0,016	0,02	0,052	1,848	0,128	0,016	1,864	0,068	1,217720073	0,18
S4	B		3	1	180	0	180 N3	0	0,164	0	0,108	1,204	0,148	0,164	0	0,108	1,204	0,148	0	1,368	0,272	2,981309546	0,256
S4	A		2	1	90	0	90 N2	0,012	1,092	0,008	0,092	0,128	1,148	1,104	0,004	0,08	0,116	1,16	1,104	1,22	1,184	61,38880766	1,24
S4	A		4	3	270	180	90 N2	0,04	0,168	0,004	0,084	1,064	0,636	0,128	0,044	0,124	1,104	0,596	0,128	1,232	0,252	1,143483465	0,72
S4	B		4	2	270	90	180 N3	0	0,004	0,004	non	0,852	non	0,004	non	0,852	non	0,004	0,848	non	non	non	non
S4	D		2	1	90	0	90 N2	0,004	0,012	0,004	0,06	1,272	0,464	0,008	4,44089E-16	0,064	1,276	0,46	0,008	1,284	0,072	5,841263302	0,524
S4	C		2	4	90	270	-180 N3	0,008	0	0,008	0,7	0,92	0,104	0,008	0,016	0,692	0,928	0,096	0,008	0,92	0,7	2,882411208	0,596
S4	B		4	1	270	0	270 N4	0,008	1,596	0,004	0,096	1,272	0,2	1,604	0,004	0,104	1,28	0,192	1,604	0,324	1,5	43,57549619	0,296
S4	A		1	3	0	180	-180 N3	0,012	0,008	0,008	0,092	1,484	0,096	0,004	0,02	0,104	1,496	0,084	0,004	1,492	0,1	2,114284999	0,188
S4	C		3	4	180	270	-90 N4	0,012	1,704	0,008	0,088	0,804	0,828	1,716	0,02	0,1	0,816	0,816	1,716	0,9	1,616	47,47030506	0,916
S4	C		1	4	0	270	-270 N2	0,104	0,008	0	0,092	1,124	0,3	0,112	0,104	0,196	1,228	0,196	0,112	1,116	0,084	3,534535411	0,392
S4	B		2	3	90	180	-90 N4	0,004	0,004	0,004	0,092	0,776	0,664	5,68434E-14	0	0,088	0,772	0,668	5,68434E-14	0,772	0,088	5,877037288	0,756
S4	D		2	2	90	90	0 N1	0,004	0,008	0,004	0,1	0,916	0,092	0,012	0,008	0,104	0,92	0,088	0,012	0,908	0,092	1,474421012	0,192
S4	C		1	1	0	0	0 N1	0,016	0,012	0,004	0,072	0,588	0,296	0,004	0,012	0,056	0,572	0,312	0,004	0,576	0,06	3,866006548	0,368
S4	C		2	2	90	90	0 N1	0	0	0,004	0,084	1,008	0,104	0	0,004	0,084	1,008	0,104	0	1,008	0,084	5,230668521	0,188
S4	A		1	1	0	0	0 N1	0,016	0,008	0	0,044	1,264	0,124	0,008	0,016	0,028	1,248	0,036	0,008	1,256	0,036	5,140943786	0,168
S4	A		2	2	90	90	0 N1	0,004	0,004	0,008	0,104	1,972	0,196	1,13687E-13	0,012	0,108	1,976	0,2	1,13687E-13	1,976	0,108	7,471221708	0,092
S4	D		3	1	180	0	180 N3	0,008	0,012	0,004	0,048	1,396	2,02	0,02	0,004	0,04	1,388	2,012	0,02	1,408	0,06	6,813615944	1,972
S4	C		1	2	0	90	-90 N4	0,012	0,004	0,008	0,104	1,16	0,532	0,016	0,02	0,116	1,172	0,52	0,016	1,156	0,1	3,664266667	0,636
S4	B		2	1	90	0	90 N2	0,028	0,008	0	0,092	1,408	0,072	0,02	0,028	0,12	1,436	0,044	0,02	1,416	0,1	10,04824228	0,164
S4	D		2	3	90	180	-90 N4	0,016	0,02	0,004	0,096	1,072	0,512	0,036	0,02	0,112	1,088	0,496	0,036	1,052	0,076	3,173561591	0,608
S4	C		2	1	90	0	90 N2	0,008	0,004	0,004	0,072	1,212	0,508	0,012	0,012	0,08	1,22	0,5	0,012	1,208	0,068	3,079651129	0,58
S4	D		4	2	270	90	180 N3	0,008	0,008	0,008	0,072	1,068	0,048	0,016	0,016	0,08	1,076	0,056	0,016	1,06	0,064	1,448579696	0,024
S4	D		2	4	90	270	-180 N3	0,028	0,016	0,004	0,08	0,964	0,744	0,044	0,032	0,108	0,992	0,716	0,044	0,948	0,064	4,417784401	0,824
S4	A		4	4	270	270	0 N1	0,012	0,012	0,008	0,084	1,244	0,108	0,024	0,02	0,096	1,256	0,096	0,024	1,232	0,072	6,166666667	0,192
S4	A		3	3	180	180	0 N1	0,008	0,004	0	0,1	1,628	0,44	0,012	0,008	0,108	1,636	0,432	0,012	1,624	0,096	6,343354294	0,54
S4	B		3	2	180	90	90 N2	0,02	0,012	0	0,112	2,12	0,652	0,032	0,02	0,132	2,14	0,632	0,032	2,108	0,1	12,26628873	0,764
S4	C		4	1	270	0	270 N4	0,008	0,024	0,004	0,088	1,568	0,364	0,032	0,004	0,08	1,56	0,372	0,032	1,592	0,112	15,80334557	0,452
S4	A		1	4	0	270	-270 N2	0,012	0,44	0,004	0,064	1,408	0,32	0,428	0,016	0,076	1,42	0,332	0,428	1,848	0,504	11,48638097	0,256
S4	A		3	1	180	0	180 N3	0	0,004	0,004	0,104	0,884	0,4	0,004	0,004	0,104	0,884	0,4	0,004	0,88	0,1	9,400430475	0,504
S4	B		1	2	0	90	-90 N4	0,028	0	0,004	0,104	1,208	0,488	0,028	0,032	0,132	1,236	0,46	0,028	1,208	0,104	1,365695197	0,592
S4	D		3	4	180	270	-90 N4	0,156	0,016	0	0,076	1,26	0,428	0,172	0,156	0,232	1,416	0,272	0,172	1,244	0,06	0,673627466	0,504
S4	A		4	1	270	0	270 N4	0,016	0	0	0,092	0,964	0,64	0,016	0,016	0,108	0,98	0,624	0,016	0,964	0,092	2,562786229	0,732
S4	D		1	3	0	180	-180 N3	0,004	0,004	0,004	0,076	0,888	0,52	0,008	1,13465E-13	0,072	0,884	0,516	0,008	0,892	0,08	8,16200581	0,444
S4	C		3	0	180	180	0 N1	0,02	0,016	0,012	0,124	0,744	0,092	0,036	0,032	0,144	0,764	0,072	0,036	0,728	0,108	6,466111622	0,216
S4	A		3	4	180	270	-90 N4	0,032	0	0,004	0,024	1,192	0,104	0,032	0,028	0,008	1,16	0,072	0,032	1,192	0,024	5,614159838	0,08
S4	C		1	3	0	180	-180 N3	0,024	0,392	0,004	0,1	1,088	0,3	0,368	0,028	0,124	1,112	0,276	0,368	1,48	0,492	1,202238262	0,4
S4	C		4	3	270	180	90 N2	0,028	0,012	0	0,092	1,044	0,1	0,04	0,028	0,12	1,072	0,072	0,04	1,032	0,08	13,5184291	0,192
S4	B		1	1	0	0	0 N1	0,008	0	0,008	0,092	0,556	0,052	0,008	0	0,084	0,548	0,06	0,008	0,556	0,092	9,124358406	0,144
S4	A		2	4	90	270	-180 N3	0,056	0,012	0,004	0,096	1,304	0,14	0,044	0,06	0,152	1,36	0,084	0,044	1,316	0,108	4,821792631	0,236
S4	A		1	2	0	90	-90 N4	0,004	0	0,004	0,104	1,096	0,212	0,004	0,008	0,108	1,1	0,208	0,004	1,096	0,104	7,740236461	0,316
S4	C		4	4	270	270	0 N1	0,004	0	0	0,132	0,808	0,044	0,004	0,004	0,136	0,812	0,04	0,004	0,808	0,132	13,27966469	0,176
S4	D		1	4	0	270	-270 N2	0,032	0,004	0,004	0,128	1,04	0,668	0,028	0,028	0,16	1,072	0,7	0,028	1,044	0,132	9,22776643	0,54
S4	A		2	3	90	180	-90 N4	0,016	0,004	0,004	0,096	1,176	0,268	0,02	0,02	0,112	1,192	0,252	0,02	1,172	0,092	3,171713827	0,364
S4	D		1	2	0	90	-90 N4	0,044	0,008	0,004	0,1	0,92	1,496	0,052	0,048	0,144	0,964	1,452	0,052	0,912	0,092	10,43941498	1,596
S4	C		4	2	270	90	180 N3	0,004	0,004	0,008	non	0,856	non	0,008	0,012	non	0,86	non	0,008	0,852	non	non	non
S4	D		4	1	270	0	270 N4	0,016	0	0	0,124	0,888	0,456	0,016	0,016	0,108	0,872	0,472	0,016	0,888	0,124	15,05100097	0,58
S4	C		3	2	180	90	90 N2	0,012	0	0,004	0,1	1,496	0,74	0,012	0,016	0,112	1,508	0,728	0,012	1,496	0,108	6,538358847	0,84
S4	B		4	3	270	180	90 N2	0,056	0,012	0,008	0,096	1,332	0,28	0,068	0,064	0,152	1,388	0,224	0,068	1,32	0,084	12,89584091	0,376
S4	C		3	1	180	0	180 N3	0,008	0,016	0,008	0,656	1,36	0,088	0,008	0,016	0,648	1,368	0,08	0,008	1,376	0,64	4,716584081	0,568
S4	B		3	4	180	270	-90 N4	0,008	0,004	0	0,1	0,576	0,512	0,004	0,008	0,092	0,568	0,52	0,004	0,572	0,096	11,1063875	0,612
S4	A		3	2	180	90	90 N2	0,004	0,02	0,004	0,096	0,944	0,092	0,016	2,27374E-13	0,092	0,94	0,096	0,016	0,924	0,076	4,400991153	0,188
S4	A		4	2	270	90	180 N3	0,036	0	0,004	0,08	1,052	0,152	0,036	0,032	0,044	1,016	0,188	0,036	1,052	0,08	10,87375868	0,232
S4	B		2	4	90	27																	

## Потенциал практического применения





НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ