

# ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ GNSS В УКРАИНЕ

*A part of the research presented at the given article has been performed under the UKRAINE project. This project has received funding from the European GNSS Agency under the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 641517*

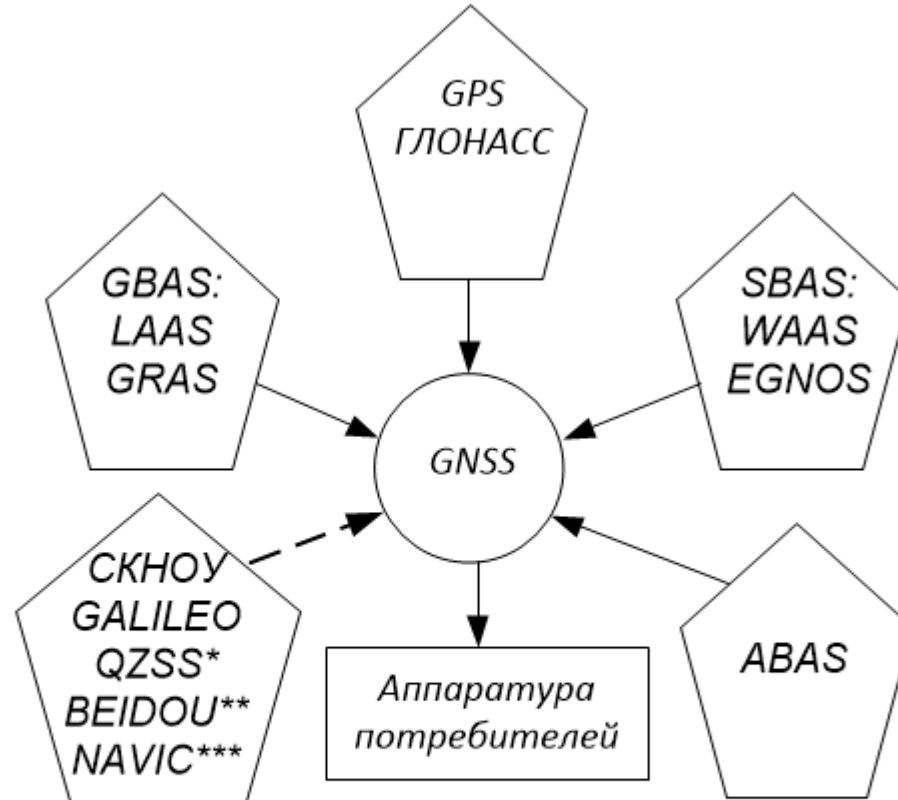
VI міжнародна науково-технічна конференція «ITSEC» (The 6th International Scientific Conference «ITSEC»), 17-19 мая 2016 г.  
<http://ocs.nau.edu.ua/index.php/ITSEC>

Київ 2016

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ GNSS

GNSS – глобальная навигационная спутниковая система определения координат и времени, состоящая из созвездий спутников GPS, ГЛОНАСС, GALILEO, COMPASS, систем контроля целостности, точности, эксплуатационной готовности, непрерывности обслуживания посредством SBAS, GBAS, GRAS и аппаратуры потребителя

# СОСТАВ GNSS

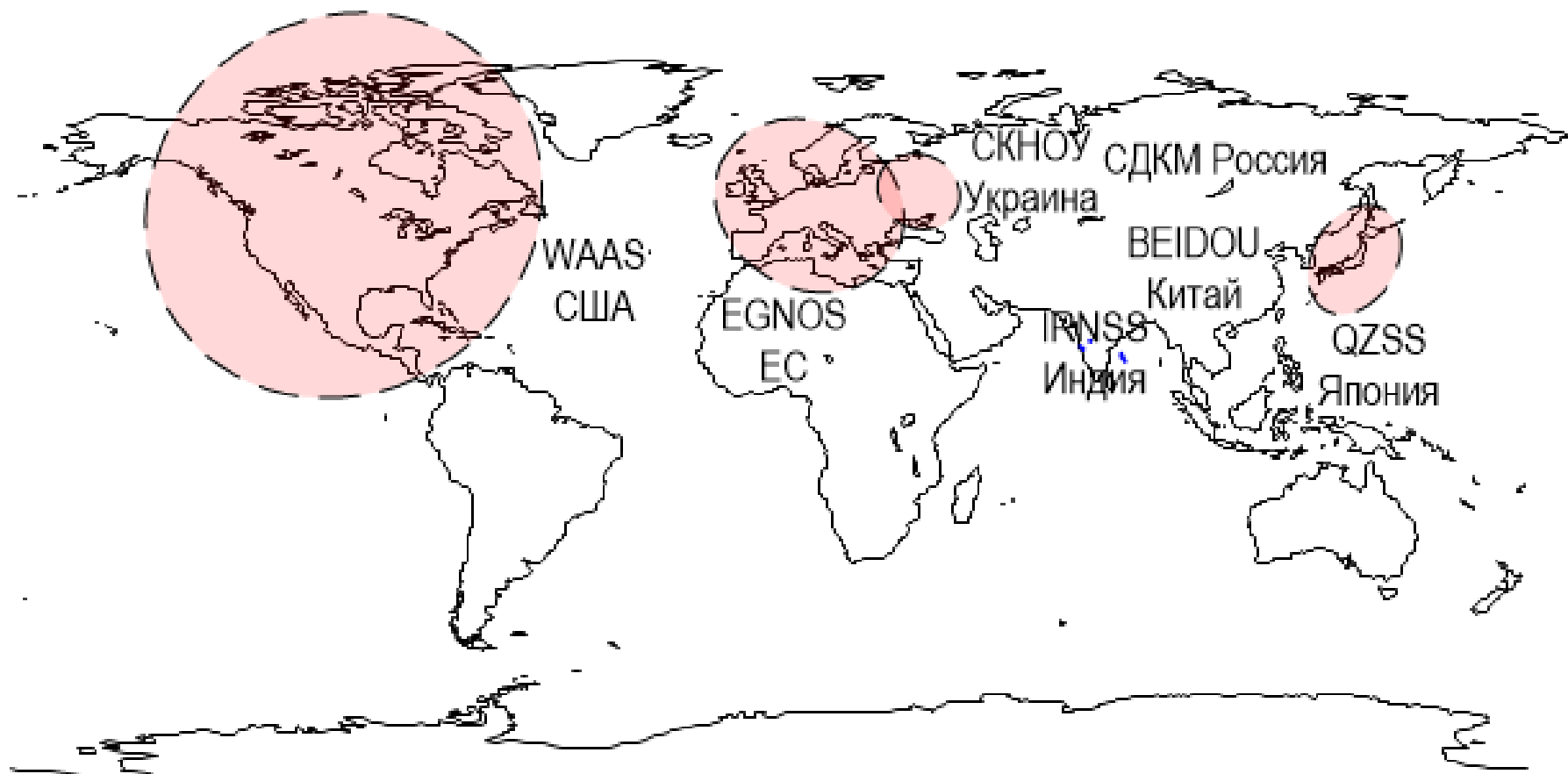


\* квази зенитная спутниковая система под управлением Японии

\*\* ранее называлась COMPASS под управлением Китая

\*\*\* ранее GAGAN, IRNSS под управлением Индии

# ЗОНЫ ДЕЙСТВИЯ SBAS



# ТРЕБОВАНИЯ АВИАЦИОННЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ К СИГНАЛУ В ПРОСТРАНСТВЕ

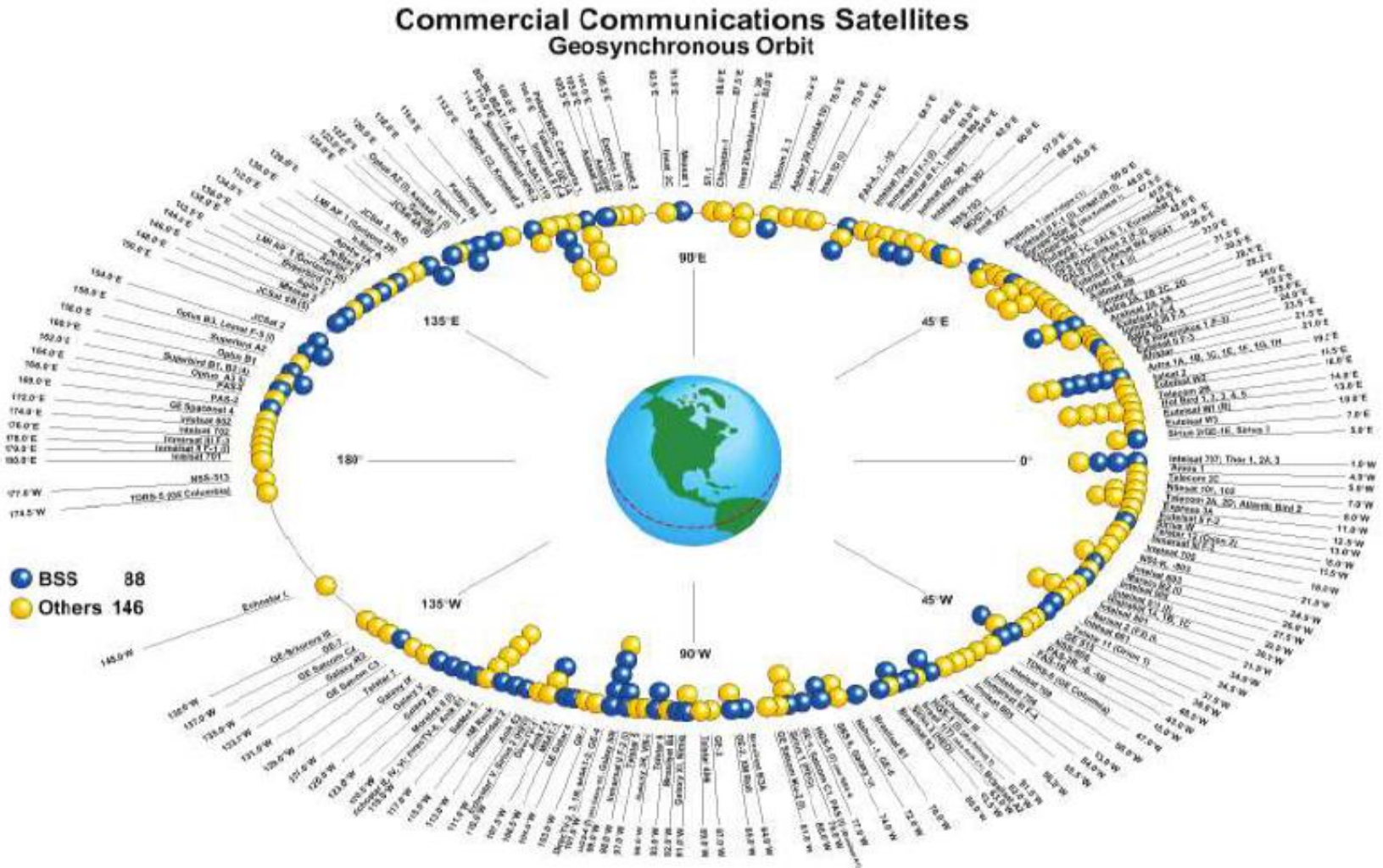
Operational Phase-of-Flight	Accuracy (95%)	Time-to-Alert	Integrity		Availability (Range)	Continuity (Loss of Nav.)	Associated RNP Type (H/V)
			Alert Limit	Probability of HMI			
Oceanic, En route & Remote	12.4 nm	2 min	12.4 nm	10-7 / hr	0.99 – 0.99999	1 x 10-5 / hr	5 – 20 (No Vertical)
Domestic En route	2.0 nm (3.7 km)	1 min	2.0 nm	10-7 / hr	0.99 – 0.99999	1 x 10-6 / hr	2 – 10 (No Vertical)
Terminal	0.4 nm (0.74 km)	30 sec	1.0 nm	10-7 / hr	0.99 – 0.99999	1 x 10-6 / hr	1 (No Vertical)
Non-Precision (LNAV)	220 m (720 ft)	10 sec	0.3 nm	10-7 / hr	0.99 – 0.99999	1 x 10-5 / hr	0.5 – 0.3 (No Vertical)
APV-1 (LNAV/VNAV)	100m	8 sec	556m (H) 50m (V)	10-7 / hr	0.99 – 0.99999	1-5 x 10-5 Approach	0.3/125
LPV (WAAS)	7.6 (16) m (H) 7.6 (20) m (V)	6 sec	40m (H) 50m (V)	1-2 x 10-7 / Approach	0.99 – 0.99999	1-5.5 x 10-5 / Approach	0.03/125
APV-2 (TBD) (Notional)	XXm (H) XXm (V)	5.2 sec	40m (H) 20m (V)	6 x 10-8/ Approach	0.99 – 0.99999	Y x 10-Z / hr	0.03/50
Precision (PT-1) Category I	16 m (H) 4.0 m (V)	6 sec	40 m (H) 10 m (V)	2 x 10-7 / Approach	0.99 – 0.99999	8.0 x 10-6 / Approach	0.02/40
Precision (PT-2) Category II	6.9 m (H) 2.0 m (V)	2 sec	17.3 m (H) 5.3 m (V)	2 x 10-9 / Approach	0.99 – 0.99999	4 x 10-6 / 15s	0.01/15
Precision (PT-3) Category III	6.2 m (H) 2.0 m (V)	2 sec 1 sec (goal)	15.5 m (H) 5.3 m (V)	2 x 10-9 / Approach	0.99 – 0.99999	2 x 10-6 / last 15s 1 x 10-7 / last 15s (vertical)	0.003/z

# ТРЕБОВАНИЯ АВИАЦИОННЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ К СИГНАЛУ В ПРОСТРАНСТВЕ

Типовая операция	Точность в горизонтальной плоскости с вероятностью 95%	Точность по вертикали с вероятностью 95%	Целостность	Время до предупреждения	Непрерывность	Эксплуатационная готовность	Соответствующие типы RNP
Полет по маршруту	3,7 км (2,0 м.мили)	Не назначена	$(1-10^{-7})/ч$	5 мин	От $(1-10^{-4})/ч$ до $(1-10^{-8})/ч$	От 0,99 до 0,99999	20...10
Полет по маршруту или в зоне аэродрома	0,74км (0,4 м. мили)	Не назначена	$(1-10^{-7})/ч$	15с	От $(1-10^{-4})/ч$ до $(1-10^{-8})/ч$	От 0,999 до 0,99999	5...10
Начальный заход на посадку, промежуточный заход на посадку, неточный заход на посадку (NPA), вылет	220м (720 фут)	Не назначена	$(1-10^{-7})/ч$	10с	От $(1-10^{-4})/ч$ до $(1-10^{-8})/ч$	От 0,99 до 0,99999	0,5 ... 0,3
Заход на посадку с управлением по вертикали (APV-I)	220м (720 фут)	20м (66 фут)	$(1-2*10^{-7})$ за заход	10с	$(1-8*10^{-6})$ в любые 15 с	От 0,99 до 0,99999	0,3/125
Заход на посадку с управлением по вертикали (APV-II)	16,0м (52 фут)	8,0м (26 фут)	$(1-2*10^{-7})$ за заход	6с	$(1-8*10^{-6})$ в любые 15 с	От 0,99 до 0,99999	0,03/50
Точный заход на посадку по 1 категории	16,0м (52 фут)	от 6,0 м до 4,0 м (20 фут- 13 фут)	$(1-2*10^{-7})$ за заход	6с	$(1-8*10^{-6})$ в любые 15 с	От 0,99 до 0,99999	0,02/40

# ГЕОСТАЦИОНАРНАЯ ОРБИТА

Figure 3: Geostationary Satellites by Orbital Location

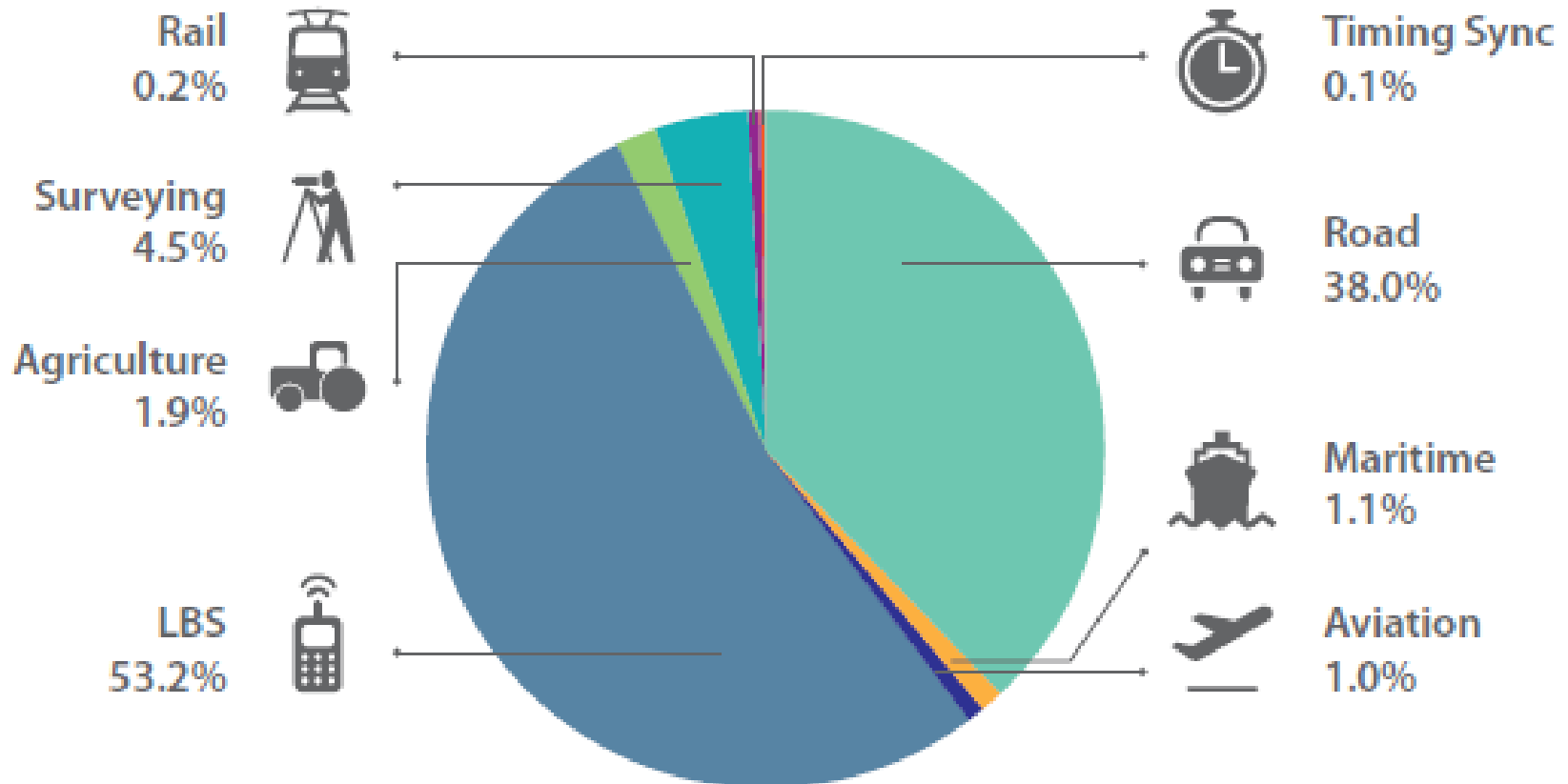


# ЛАБОРАТОРИЯ НАУ- МГНОВЕННАЯ ВИДИМОСТЬ 25 НАВИГАЦИОННЫХ СПУТНИКОВ

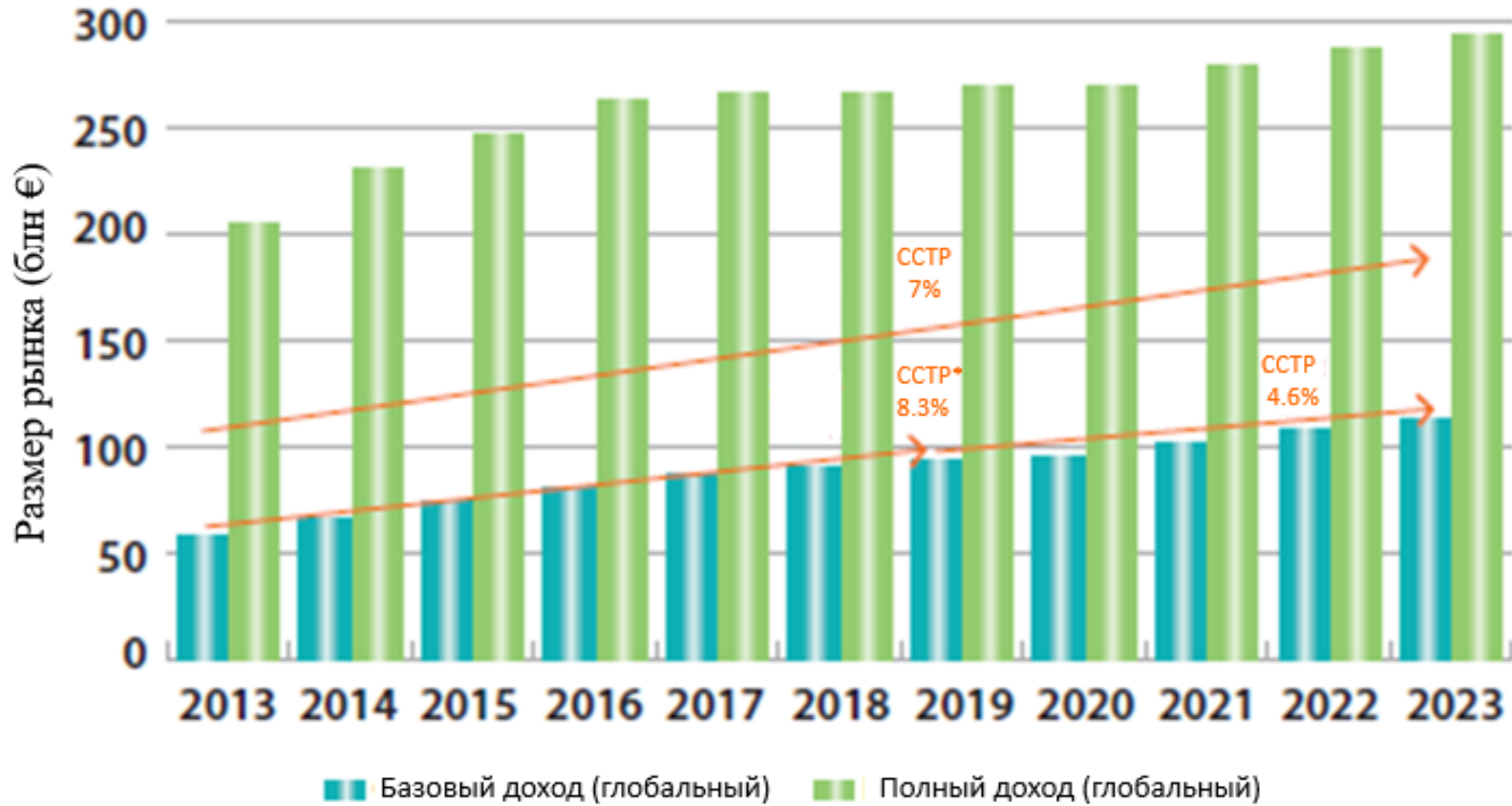




# Распределение GNSS услуг между пользователями 2013-2023



# ДОХОДЫ ОТ GNSS



\*CCTP - Совокупный среднегодовой темп роста

## «ЭКОНОМИКА ??» ИЗ ПРЕДЫДУЩЕГО СЛАЙДА

Количество специалистов с высшим образование в области GNSS (количество новых рабочих мест к 2023 году) =

$$50 \times 10^9 \text{€} \times k_1 \times k_2 \times k_3 \times k_4 = 2000,$$

где

$50 \times 10^9 \text{€}$  - полный доход между 2023 и 2022 годами;

$k_1 = 0.01$  – пусть Украине достанется одна сотая этого дохода (мы входим в 10 космических государств);

$k_2 = 0.4$  - 40 % на развитие (создание рабочих мест);

$k_3 = 1/(20 \times 10^3)$  – стоимость нового рабочего места);

$k_4 = 0.01$  – на 100 рабочих 1 инженер.

**GNSS технологии могут занять третью ступеньку после агро- и IT- технологий**

# СПУТНИКОВАЯ НАВИГАЦИЯ В НАУ

## Учебные дисциплины

Глобальные спутниковые навигационные системы

Аэрокосмические информационные технологии

Спутниковые системы связи, навигации, наблюдения

Моделирование аэронавигационных систем

Спутниковые навигационные системы

Основы спутниковых авиационно-навигационных систем

Перспективные навигационные системы

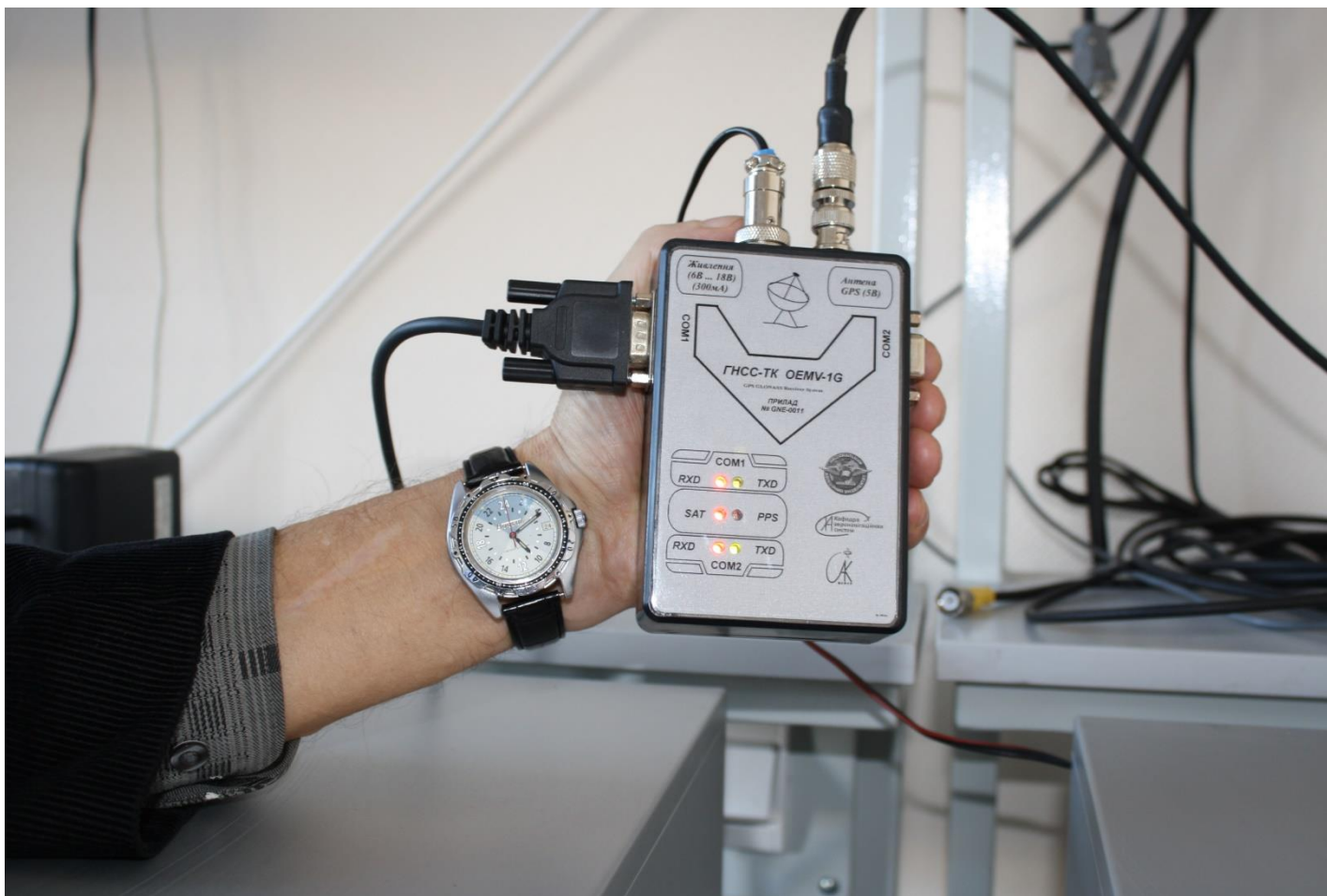
# ЛАБОРАТОРИЯ СПУТНИКОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ (учебный класс)



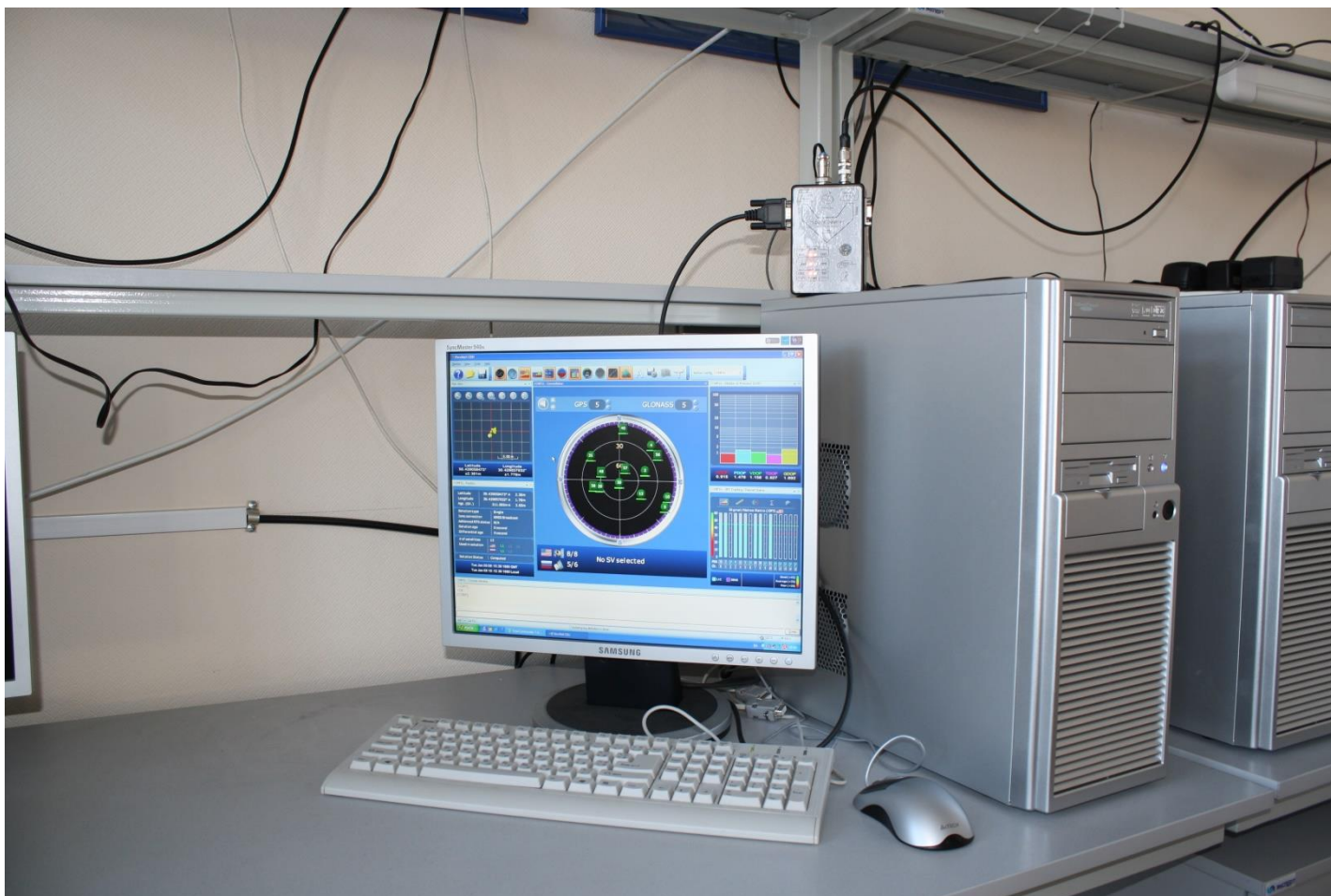
# АНТЕННОЕ ПОЛЕ (GPS, ГЛОНАСС, EGNOS, GALILEO, OmniStar)



## ГЛОНАСС-GPS-EGNOS приемник, разработанный в НУЦ «Аэрокосмический центр» НАУ и внедренный в учебный процесс

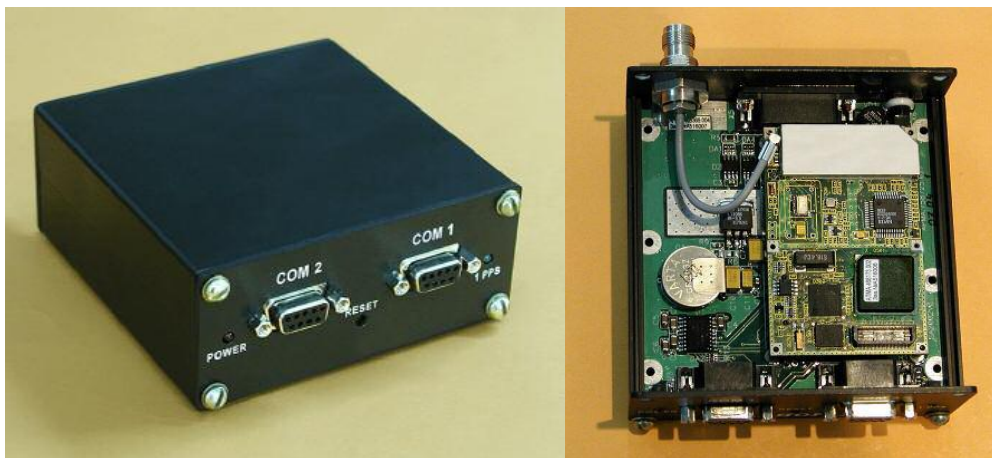


# Учебный экспериментальный стенд с ГЛОНАСС-GPS-EGNOS приемником





# EXPERIMENTAL EQUIPMENT: CN 4701 (SMELA)



BM\_Ctrl - ver. 02.01

Дата	11.09.2008	Широта	50°26.34407N	Ск. по шир,м/с	-0.002	Ид. аппарат.	4701 01.06.18/10/05
Время	11:49:18	Долгота	30°25.79243E	Ск. по долг,м/с	0.003	Каналы	24
СКО, м	3.59	Высота	186.193 м	Ск. по выс,м/с	0.037	Раб. КА	7+4

**Настройки**

**Выкл**

**Параметры:**

COM1  
19200  
BINR

**Произвол. пакеты**

Ошибки пр.  
0

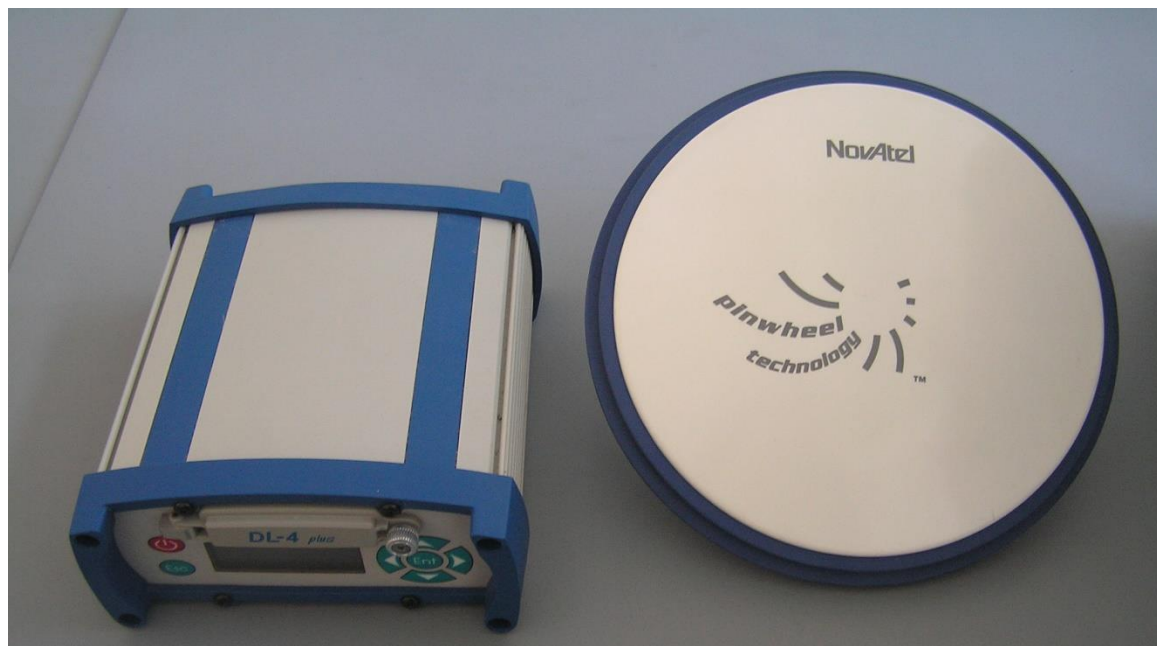
- Запрос на тест РПУ (11->43)
- Запрос версии ПМО (1В->70)
- Контроль наличия связи (26->54)
- Прогноз геометр. фактора (В1->С1)
- Режим работы BINR (В2->С2)
- Доп. параметры работы (D7->E7)

Отмена всех запросов на передачу

Перезапуск системы (01)

- Запрос/установка сост. порта (0В->50)
- Установка параметров работы (0D->51)
- Запрет/разреш. исп. спутника (12->47)
- Запрос путевого угла и скор. (13->41)
- Состояние каналов приемника (17->42)
- Запрос измер. каналов РПУ (18->43,49)
- Запрос/загр. эфемерид, инфор. (19->49)
- Запрос парам. связи шкал врем. (1Е->74)
- Запрос парам. св. врем. и част. (1F->72)
- Запрос/загрузка альманаха (20->40)
- Количество исп. спутников (21->60)
- Запрос/устан. часового пояса (23->46)
- Запрос видимых спутников (24->52)
- Оцифровка метки времени (25->53)
- Запрос передачи вектора сост. (27->88)
- Ввод инф. о местополож. и врем (32->89)
- Выдача последнего решения (37->84,41)
- Выдача экстраполир. коорд. (38->85,41)
- Информация о каналах РПУ (39->87)
- Запрос измерений каналов РПУ (D4->E4)
- Запрос ионосферных парам. (2А->4А)
- Связь шк. GPS, ГЛОНАСС, UTC (2В->4В)

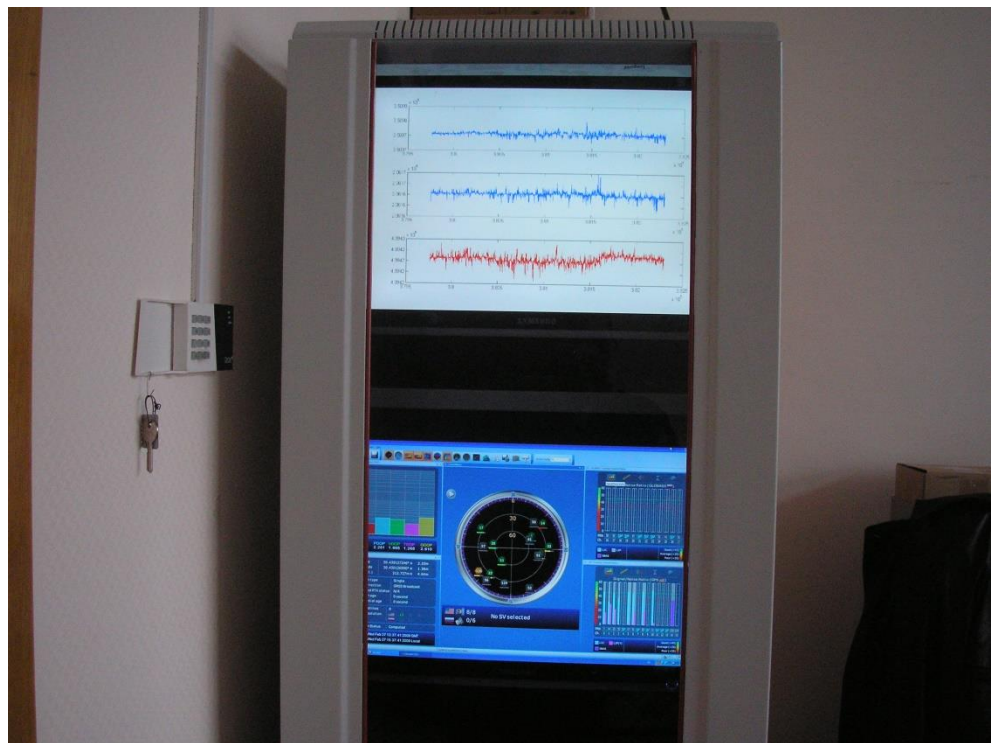
# Станции фирмы NOVATEL



# ГЕОДЕЗИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС (фирма TRIMBLE )



# СТАНЦИЯ МОНИТОРИНГА СПУТНИКОВОГО НАВИГАЦИОННОГО ПОЛЯ





# МОНИТОРИНГ GPS+GLONASS+EGNOS



NovAtel CDU

Device View Tools Help

Active Config V3

Plan View V3 - Constellation V3 - Dilution of Precision (DOP)

GPS 5 GLONASS 5

Latitude 50.439028168° ±0.881m Longitude 30.429729862° ±0.728m

V3 - Position

Latitude	50.439028168° ± 0.88m
Longitude	30.429729862° ± 0.73m
Hgt. (MSL)	188.119m ± 1.99m
Solution type	WAAS
Iono correction	Multi-frequency
AdVanced RTK status	N/A
Solution age	0 second
Differential age	6 seconds
# of satellites	7
Used in solution	L1 L2 L5
	L1 L2
Solution Status	Computed
Fri Jan 11 14:16:45 1980 GMT	
Fri Jan 11 16:16:45 1980 Local	

V3 - Console Window

```

[CONM1] chascontrol enable egnos 0 zerohtw
[SBASCONTROL] enable egnos 0 zerohtw
  
```

Tx Rx 42% 44 kb/s

пуск NovAtel CDU Total Commander 6.0... EN 16:19

V3 - Dilution of Precision (DOP)

HDOP	PDOP	VDOP	TDOP	GDOP
1.000	1.956	1.681	0.991	2.193

V3 - GPS Tracking Channel Status

Signal/Noise Ratio (GPS)

PRN	32	11	20	14	31	17	23	19	2	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Ch.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

V3 - Constellation

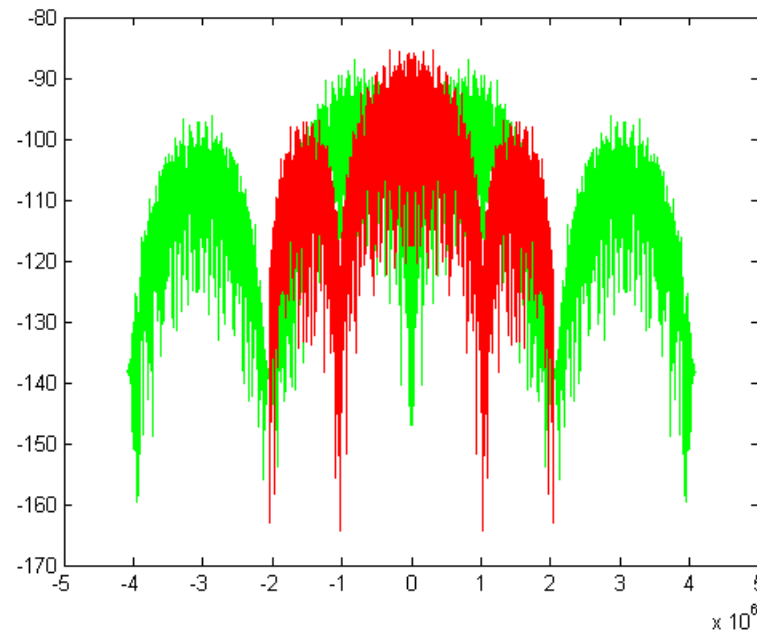
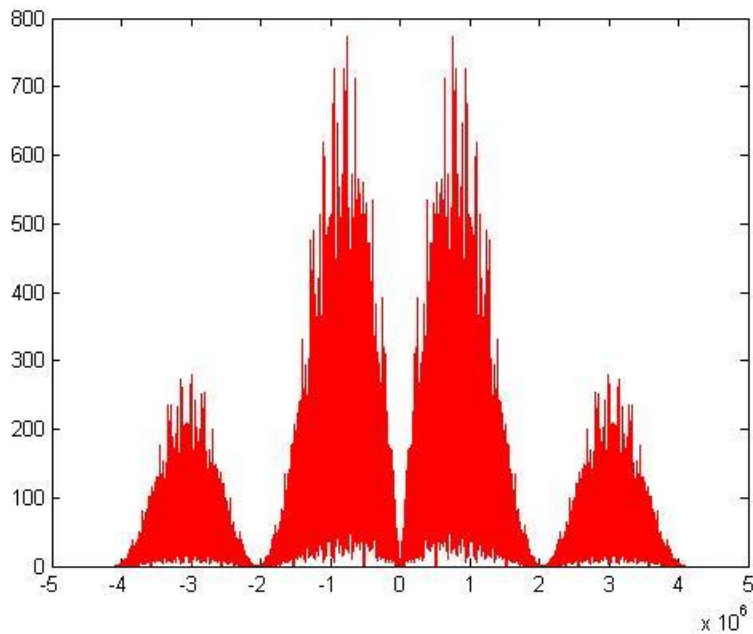
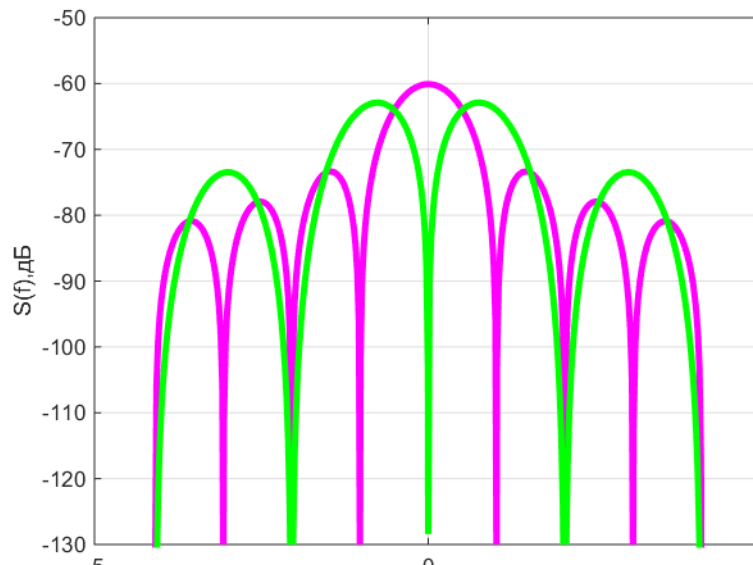
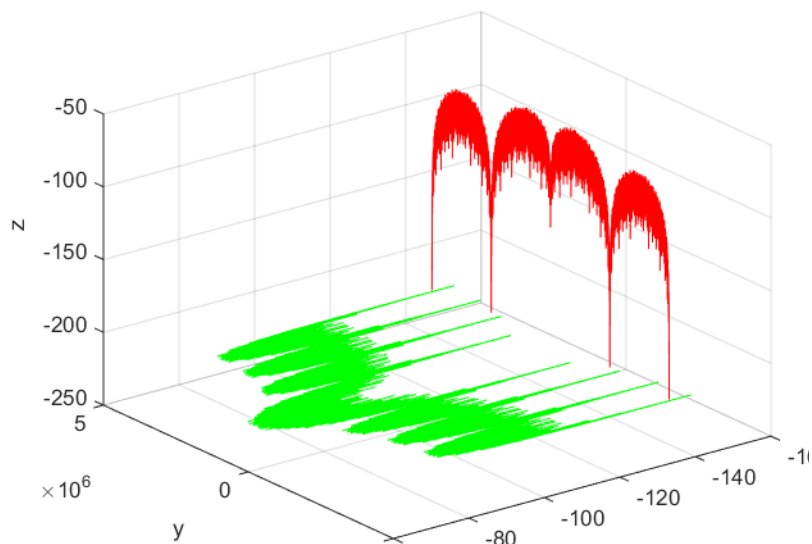
No SV selected

7/8 0/7

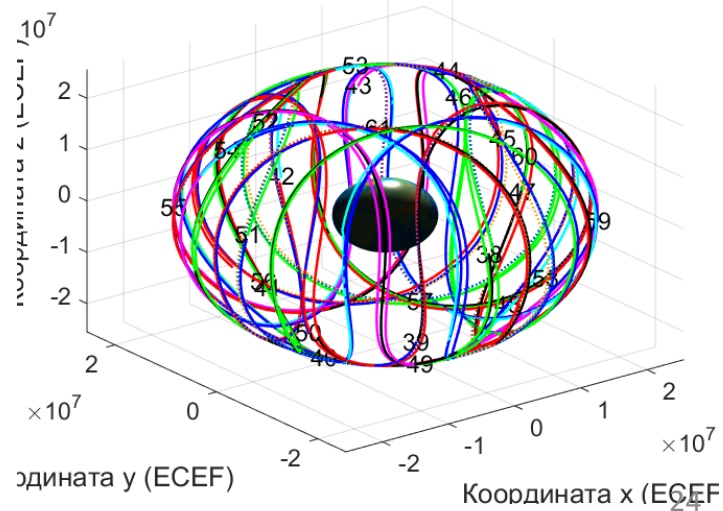
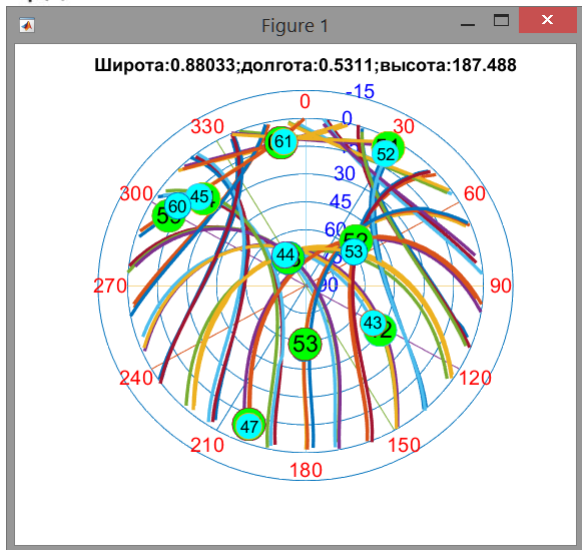
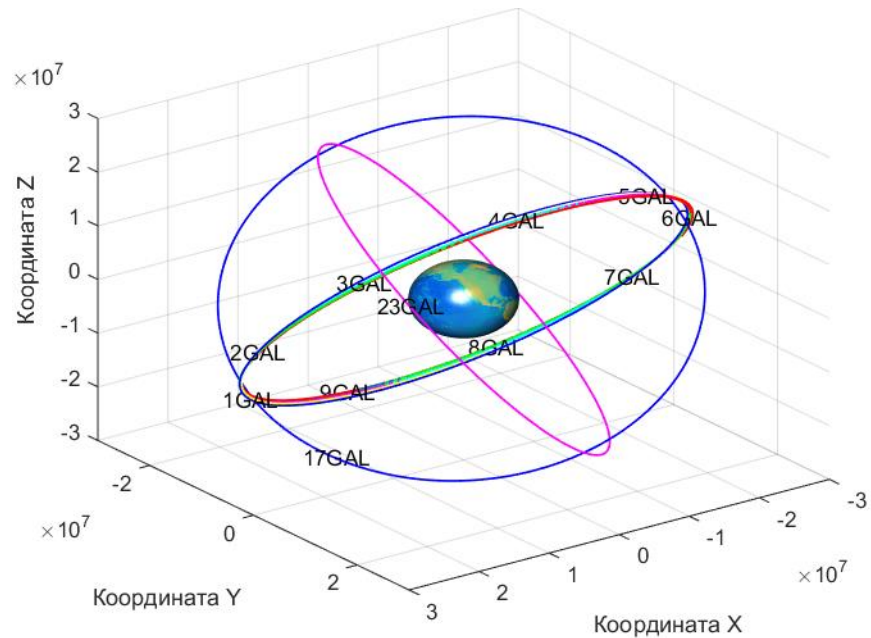
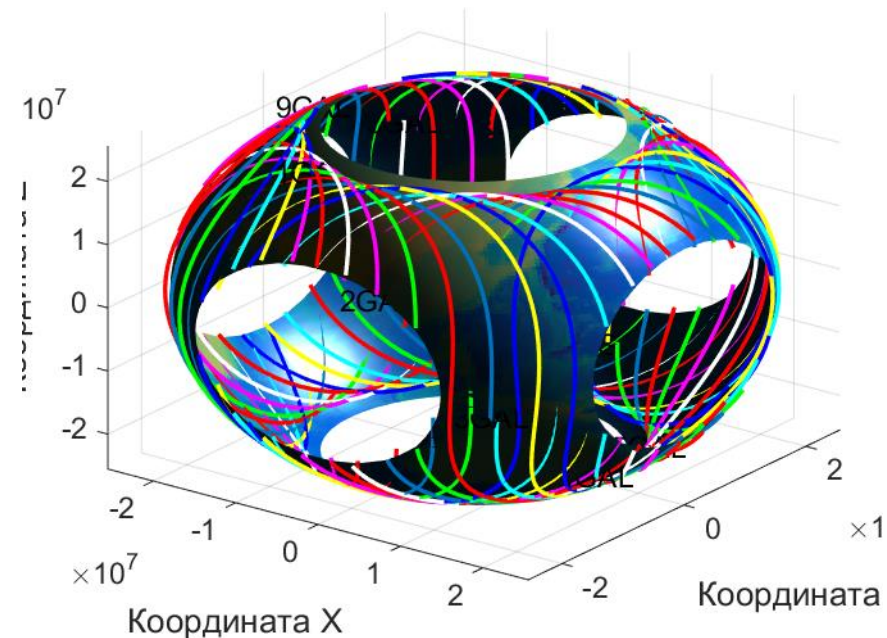
# РАБОТА В ЕДИНОЙ СЕТИ СИСТЕМЫ КНО УКРАИНЫ



# ИЗУЧЕНИЕ, ИССЛЕДОВАНИЕ, МОДЕЛИРОВАНИЕ СИГНАЛОВ GNSS (СИГНАЛЫ GALILEO)

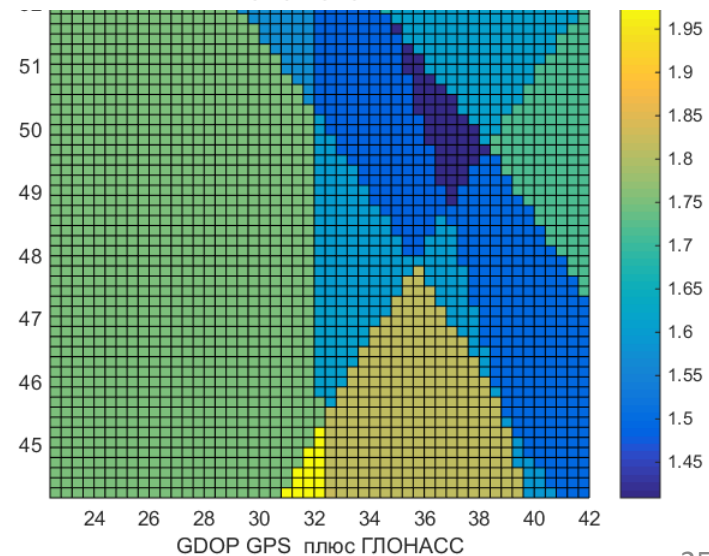
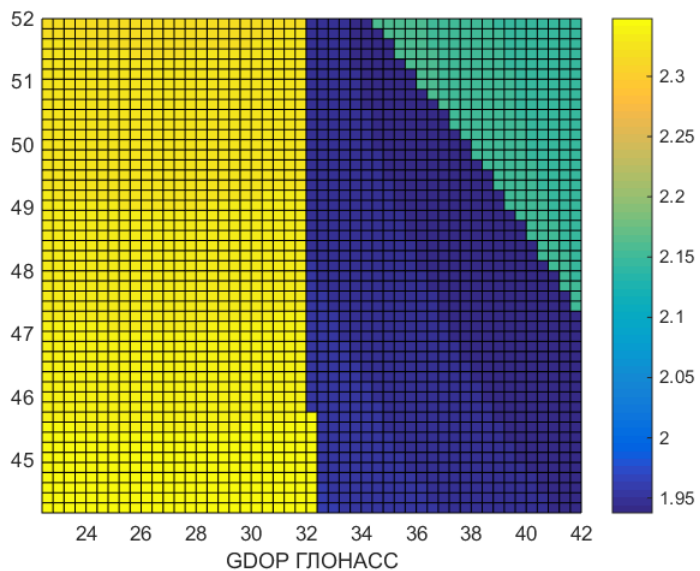
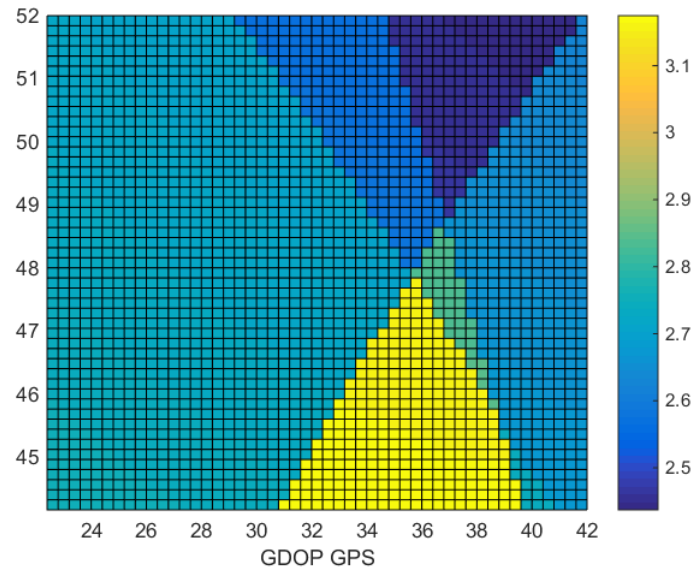
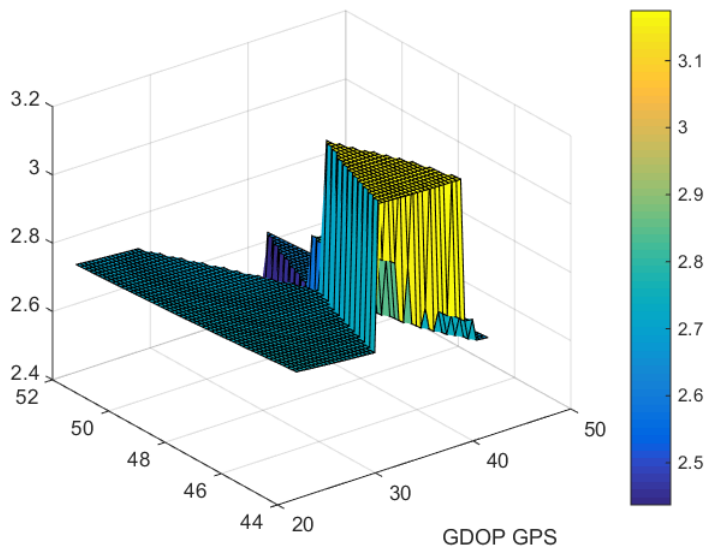


# ИЗУЧЕНИЕ, ИССЛЕДОВАНИЕ, МОДЕЛИРОВАНИЕ ОРБИТ НАВИГАЦИОННЫХ СПУТНИКОВ



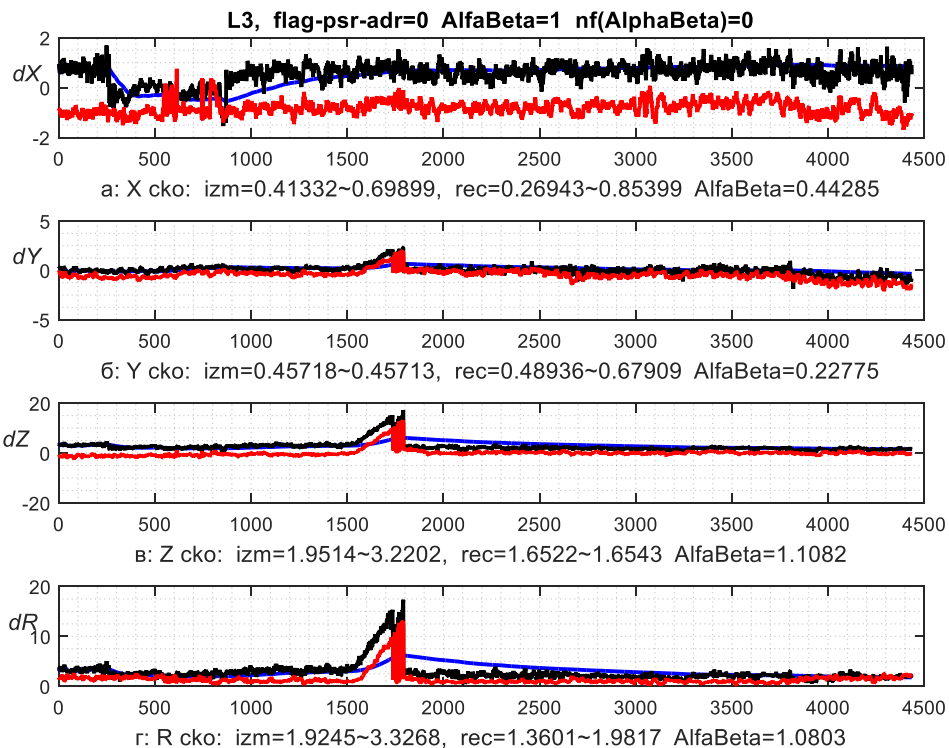


# ИЗУЧЕНИЕ, ИССЛЕДОВАНИЕ, МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО ФАКТОРА (DOP {Lat\*Lon})

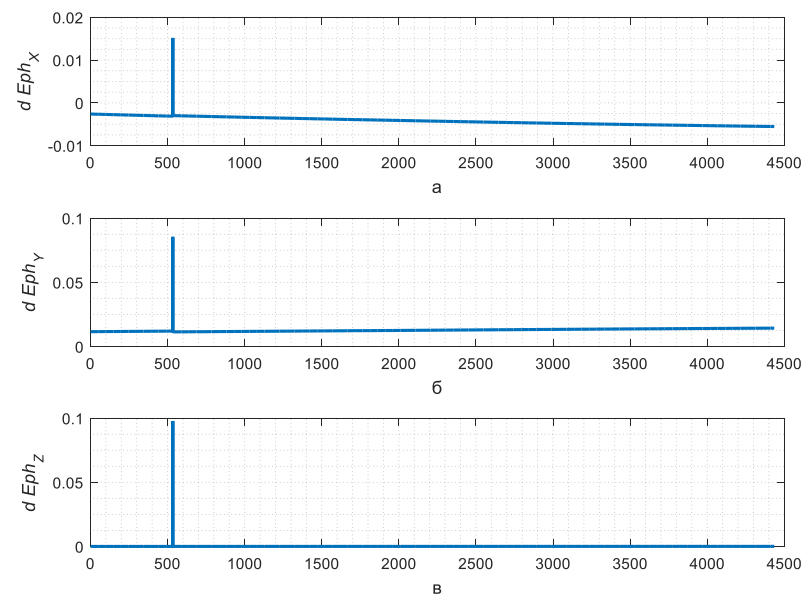


# ПРОГРАММИРОВАНИЕ+МОДЕЛИРОВАНИЕ+ЭКСПЕРИМЕНТ (при решении навигационной задачи)

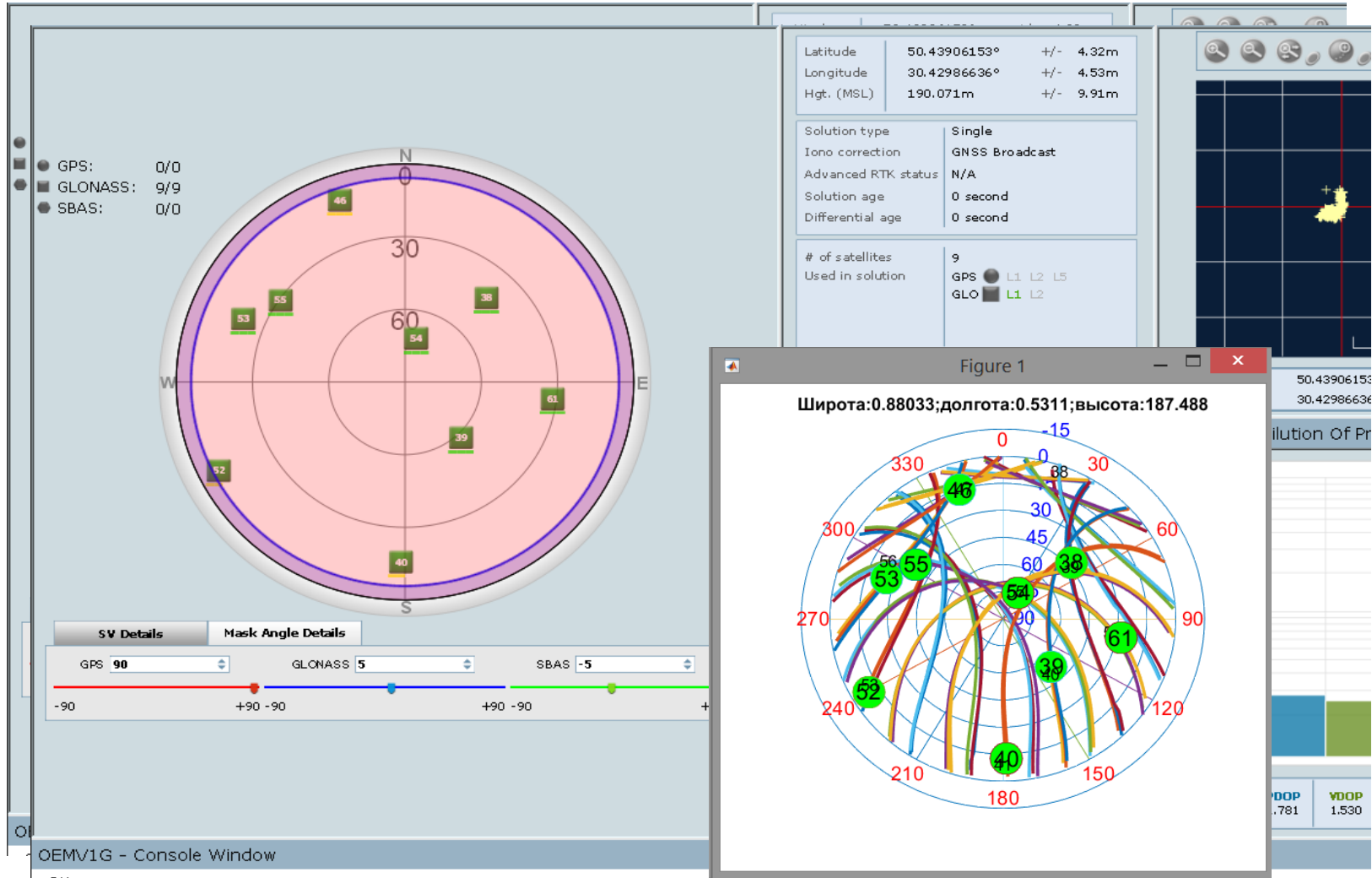
## ПОЗИЦИЯ



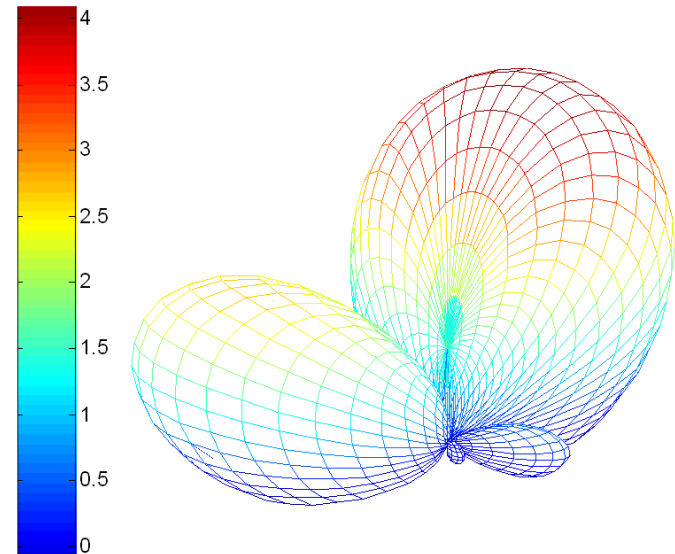
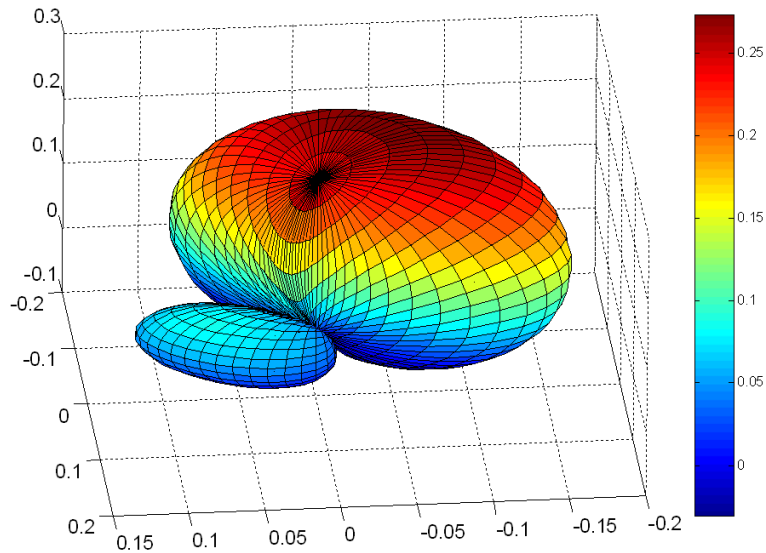
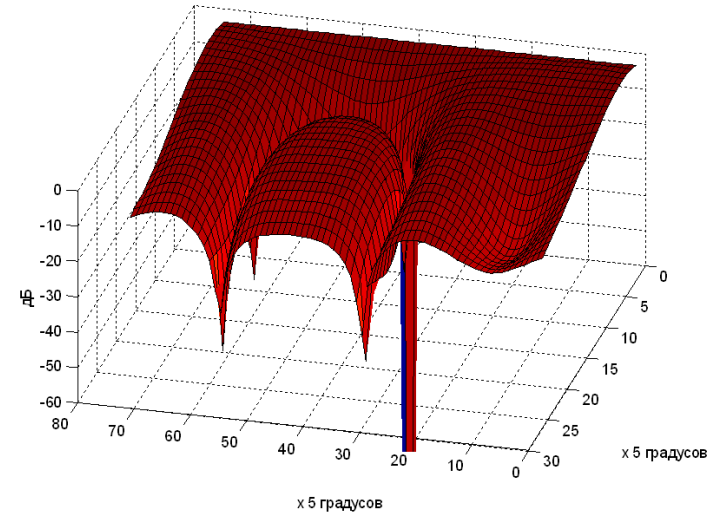
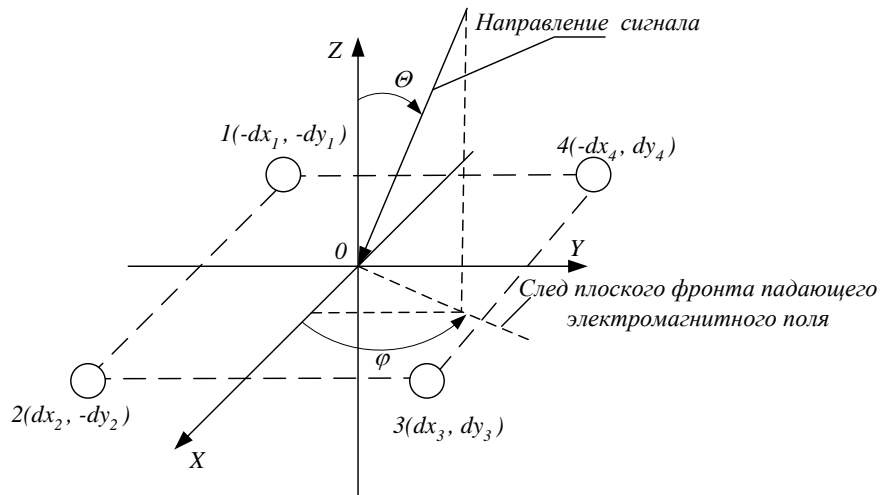
## ЭФЕМЕРИДЫ



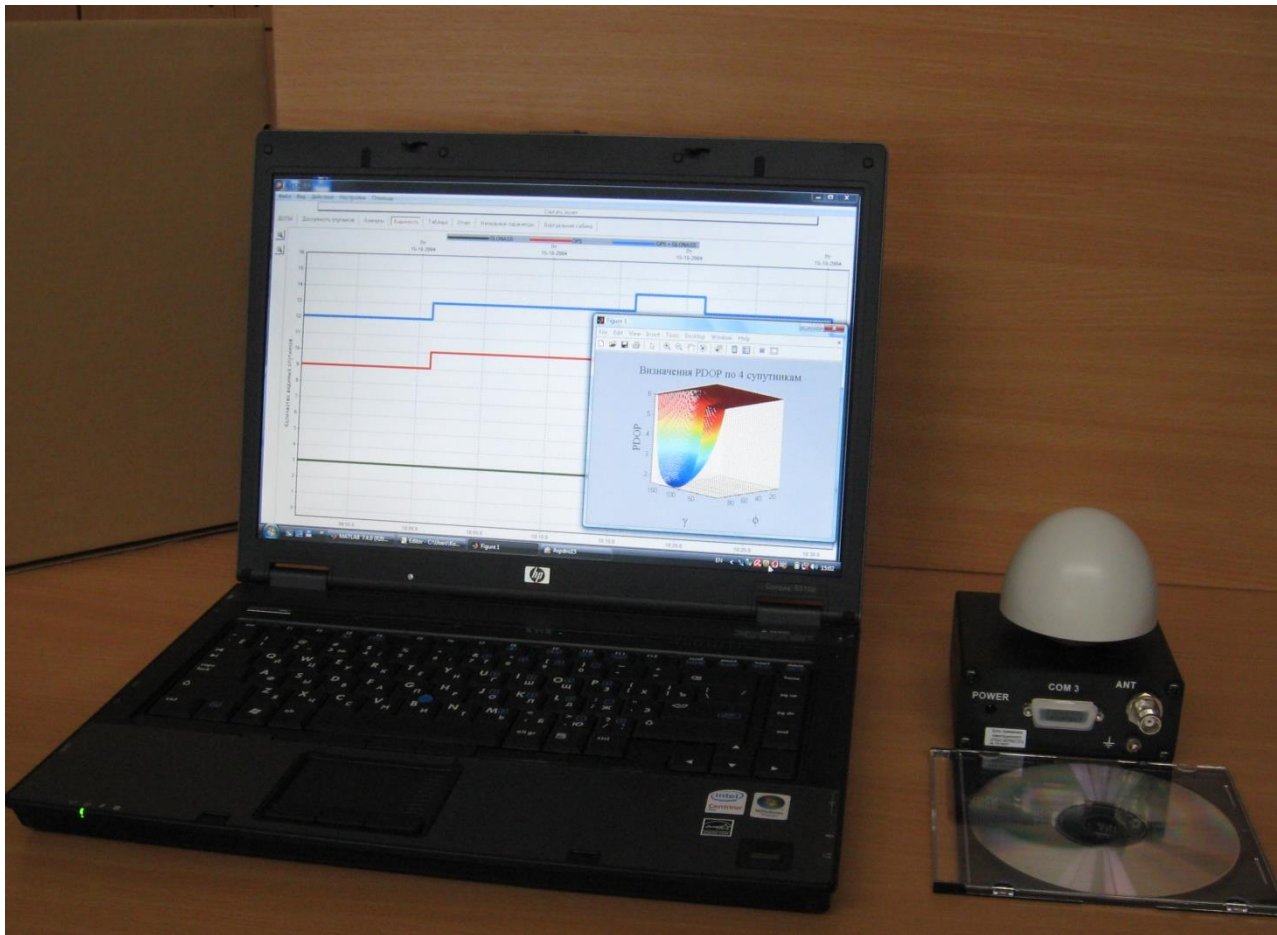
# ПРОГРАММИРОВАНИЕ+МОДЕЛИРОВАНИЕ+ЭКСПЕРИМЕНТ



# ANTI-JAMMING BY THE ADAPTIVE ANTENNA ARRAY



# АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДОСТУПНОСТИ СПУТНИКОВ ГЛОНАСС, GPS на маршруте воздушного судна



# НАУЧНЫЕ ПРОЕКТЫ

Проект Украина (международная программа ГОРИЗОНТ 2020)

Основная цель- внедрение EGNOS в Украине

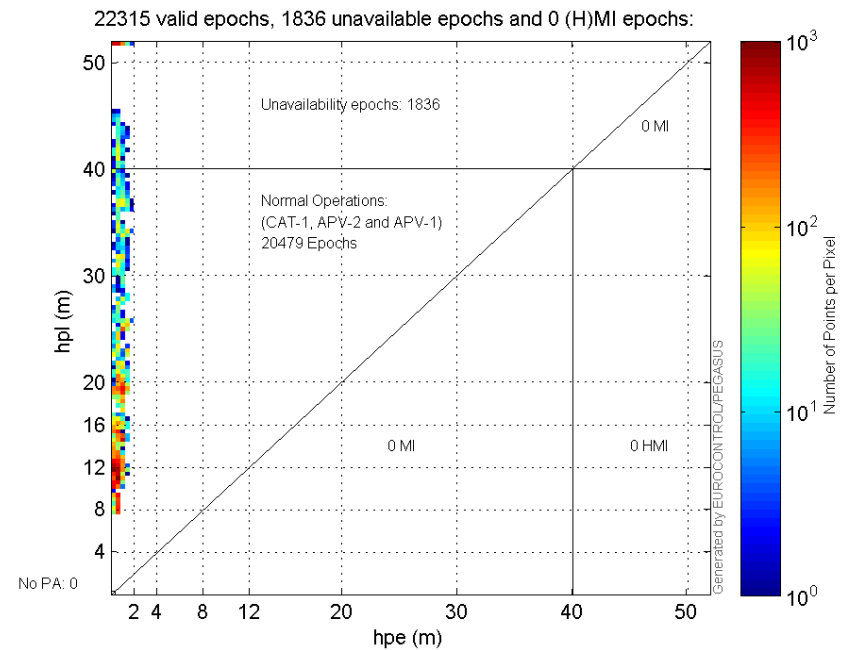
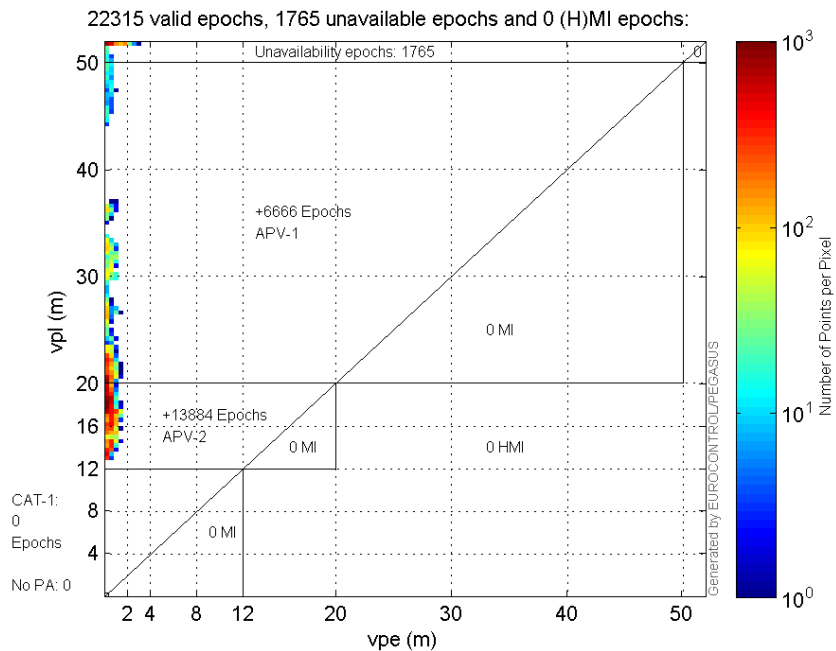
В частности в рамках этого проекта проводится

**мониторинг сигнала EGNOS** на полигоне кафедры аэронавигационных систем и Аэрокосмического центра Национального авиационного университета.

Систематические исследования начаты с сентября 2015 года. Подробные отчеты обработанных данных представляются на сайте [www.asc.nau.edu.ua](http://www.asc.nau.edu.ua).

Некоторые результаты изображены на следующем слайде.

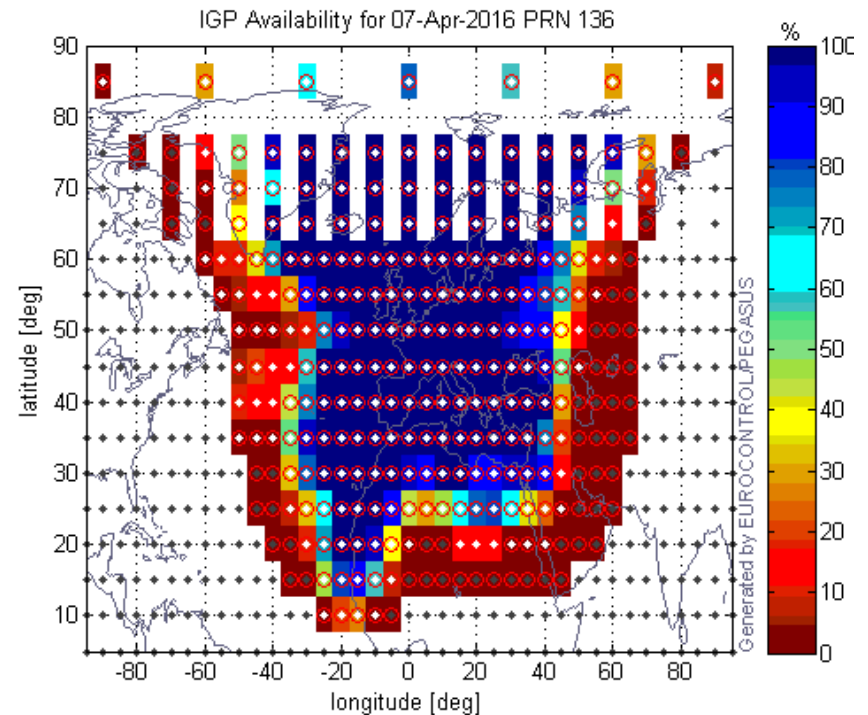
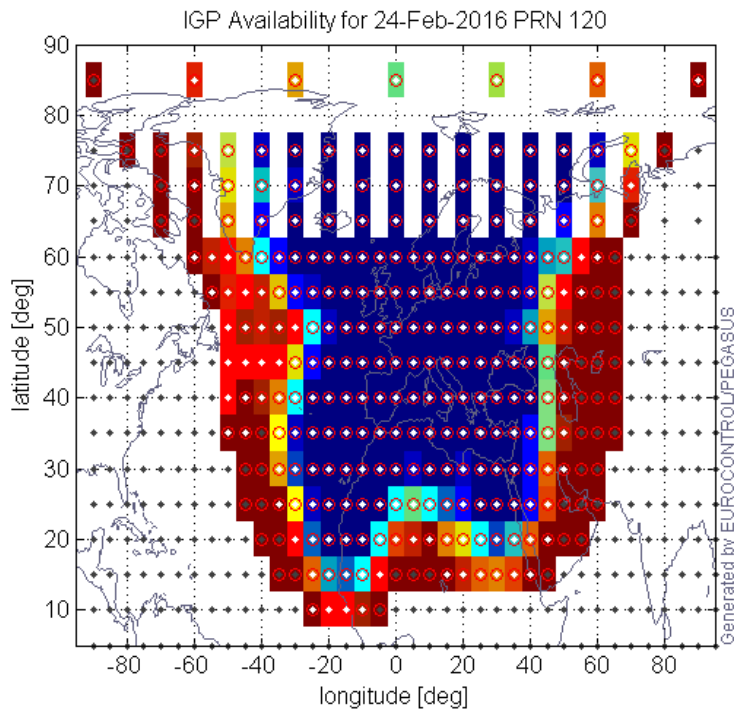
# Стенфордские диаграммы: vpe-для вертикальной плоскости, hpe-для горизонтальной плоскости



Из 22315 измерений 1765 (для вертикальной плоскости )  
1836 (для горизонтальной плоскости) **плохие**

# ИОНОСФЕРНАЯ СЕТКА - ДОСТУПНОСТЬ

Чтобы обеспечить покрытие сигналом EGNOS всей территории Украины необходимо сместит на восток границу ионосферной сетки

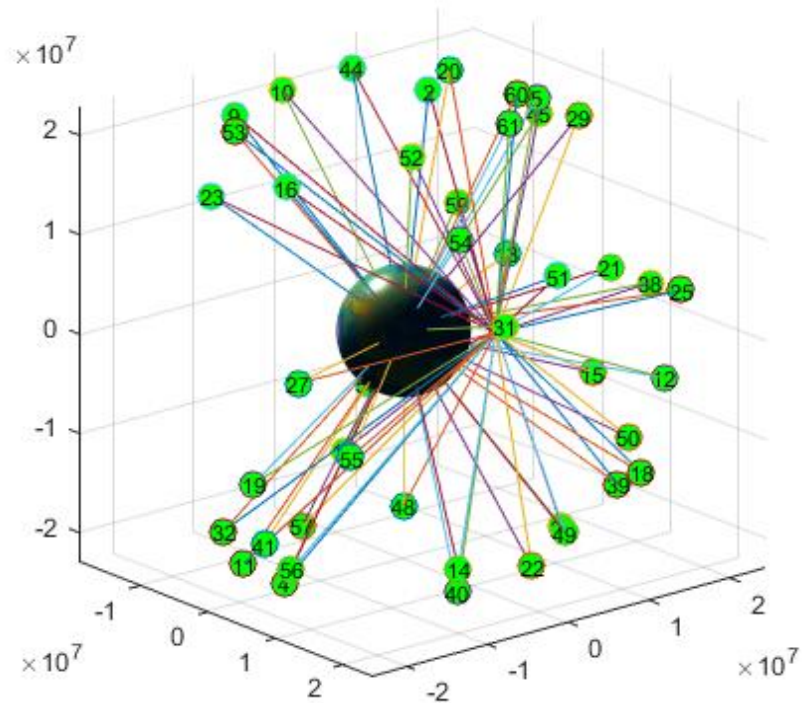
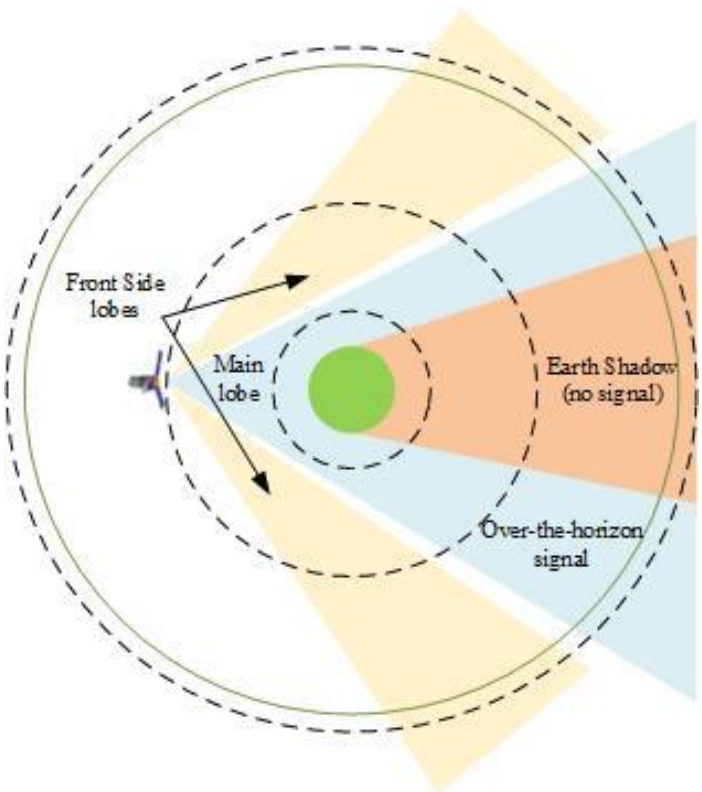


Установка в Украине RIMS – станций обеспечит  
Полномасштабное применение технологий EGNOS



# НАУЧНЫЕ ПРОЕКТЫ

## СПУТНИКОВАЯ НАВИГАЦИЯ ДЛЯ АВТОНОМНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ



# ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ РЕСУРС

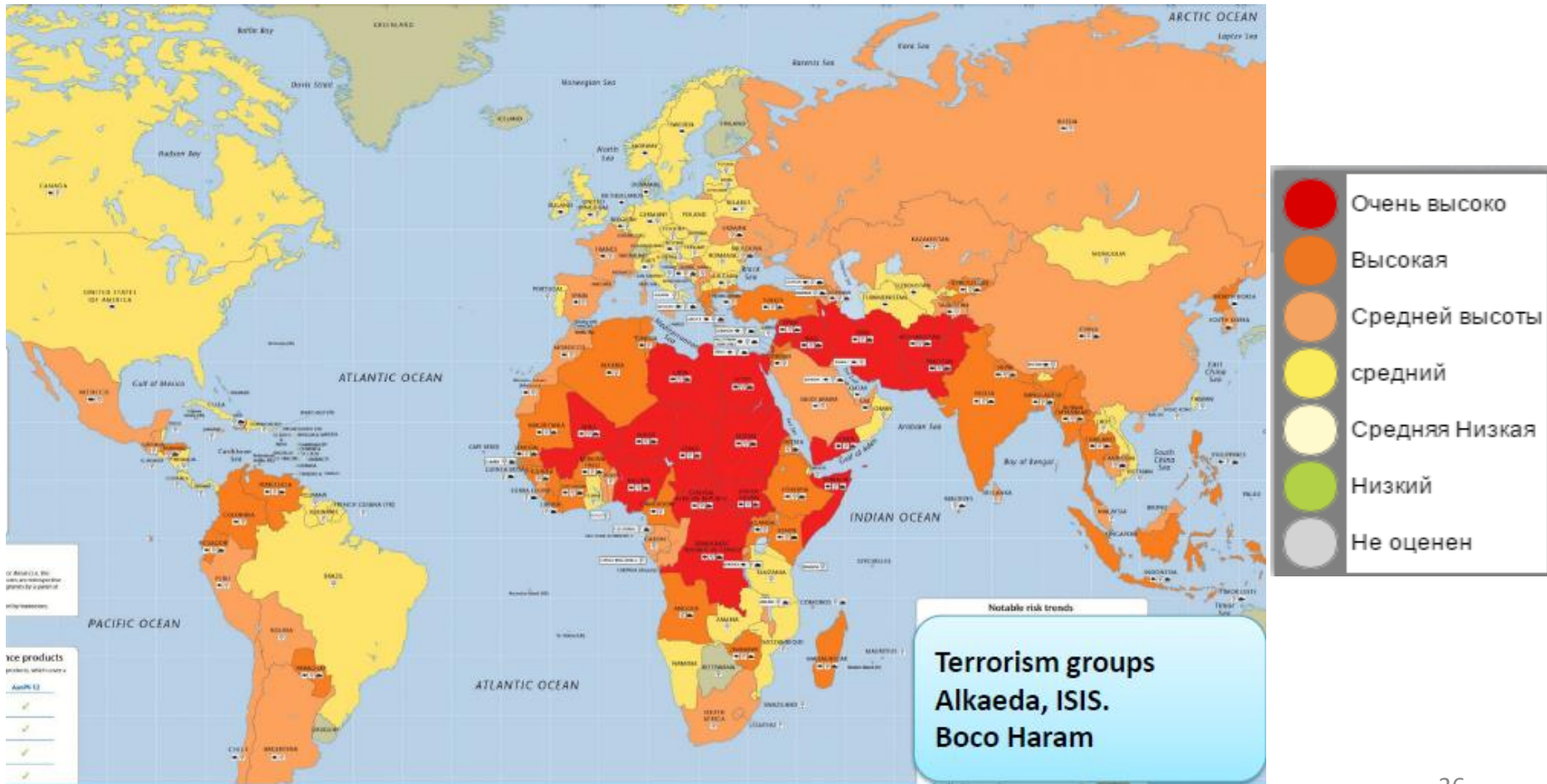


# ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ РЕСУРС



# ВЫЗОВЫ: GNSS- терроризм/ Refaat

Rashad, 15 PNTAB meeting Marrriott Waterfront, Annapolis,  
June 12, 2015



**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ**