

# **Подход к формальной верификации конвейеров обработки данных дистанционного зондирования Земли на основе цветных сетей Петри**

ВКА имени А. Ф. Можайского, Санкт-Петербург, Россия  
Попов А.М.  
Иванец М.О.  
Лимарев А.Д.

# Постановка проблемы

## Современные конвейеры обработки данных ДЗЗ



## Источники ошибок



# Цветная сеть Петри для конвейера постобработки

3

CPN IDE

File Edit Tools

CPN IDE + New project Load project Save project Undo Redo Expand diagram Validate Auto Start simulation

User Guide 1.24.1031

Project explorer Application settings ML editor myNet

+ New - Delete Filter

Project: Проверка Д33.cpn

Step: 0

Time: 0

Options

Declarations

Pages

myNet

Monitors

All Globref Color Var ML Monitors

+ New - Delete Filter

Standard priorities +

```
val P_HIGH
val P_NORMAL
val P_LOW
fun getImagePath
```

Standard declarations +

```
colset UNIT
colset BOOL
colset INT
colset INTINF
colset TIME
colset REAL
colset STRING
colset CHANEL
colset IMAGE_ID
colset BAND
colset BAND_LIST
colset SCENE
colset NDVI_RESULT
var scene_id
var band_list
var b4_id, b8_id
fun hasChannel
```

Model diagram

Fit to view Select nodes

Close

Properties Monitor

Raw\_Data

Compute4\_NDVI

NDVI\_Ready

Handle\_Missing\_Channels

Error

SCENE

NDVI\_RESULT

STRING

(hasChannel(B4, band\_list) andalso hasChannel(B8, band\_list))

1` ( "S2A\_20250405", [ (B4, "B04.tif"), (B8, "B08.tif") ] ) ++ 1` ( "S2\_bad", [ (B3, "b3.tif") ] )

(scene\_id, band\_list)

(scene\_id, "ndvi\_" ^ scene\_id ^ ".tif")

(scene\_id, band\_list)

not (hasChannel(B4, band\_list) andalso hasChannel(B8, band\_list))

"Error: B4 or B8 missing in scene " ^ scene\_id

Project console

Change history Errors Simulation report

+ Clear

2025-11-05 11:00:20:: Simulator initializing...

2025-11-05 11:00:20:: Simulator initialized in 0.723 sec.

# Практическая ценность




Предотвращение «тихих» ошибок в production-конвейерах.

Проверить корректность логики до написания кода

Использовать CPN как формальную спецификацию конвейера

Повышение доверия к результатам в критически важных приложениях.

# Выводы



Формальная верификация постобработки ДЗЗ - не академическая роскошь, а инженерная необходимость

Цветные сети Петри позволяют перевести «очевидные» правила в доказуемую модель

Подход применим к любым тематическим конвейерам с условиями на состав входных данных

Результат - надёжные, верифицируемые и сертифицируемые системы анализа космических данных