

# АНАЛИЗ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СТРУКТУРЫ ДРЕВОСТОЯ ПО ДАННЫМ ВОЗДУШНОГО ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ

П.Я. ГРАБАРНИК, М.А. ОХРИМЕНКО,  
Н.В. ШАНИН, М.П. ШАШКОВ, Н.В. ИВАНОВА

Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения, РАН  
Институт математических проблем биологии, РАН  
Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов, РАН  
Пушкинский государственный естественно-научный институт

**II Всероссийская конференция "Научные основы устойчивого  
управления лесами" 25-27 октября 2016 г. Москва**

# Мотивировочная часть

## Motivation

Satisfying national inventories and forest related studies require heavy reliance on mapping and monitoring.

However, collection of information on the location and extent for many of the relevant characteristics of forest ecosystems by means of pure ground-based field inventories is prohibitively expensive.

# Мотивировочная часть

## Motivation

Satisfying national inventories and forest related studies require heavy reliance on mapping and monitoring.

However, collection of information on the location and extent for many of the relevant characteristics of forest ecosystems by means of pure ground-based field inventories is prohibitively expensive.



# Alternatives to field-work

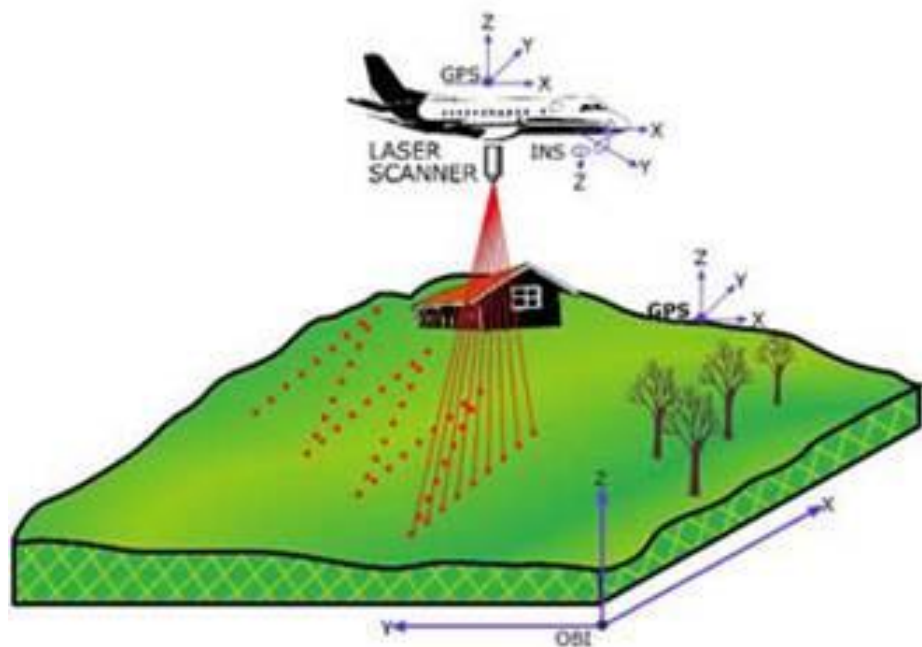
## Remote sensing



# Alternatives to field-work

During the last 2 decades, operational collection of forest information has been revolutionized by the development of ***Light Detection and Ranging (LiDAR)*** – a technology producing distance measurements based on the return time of emitted light.

# История вопроса

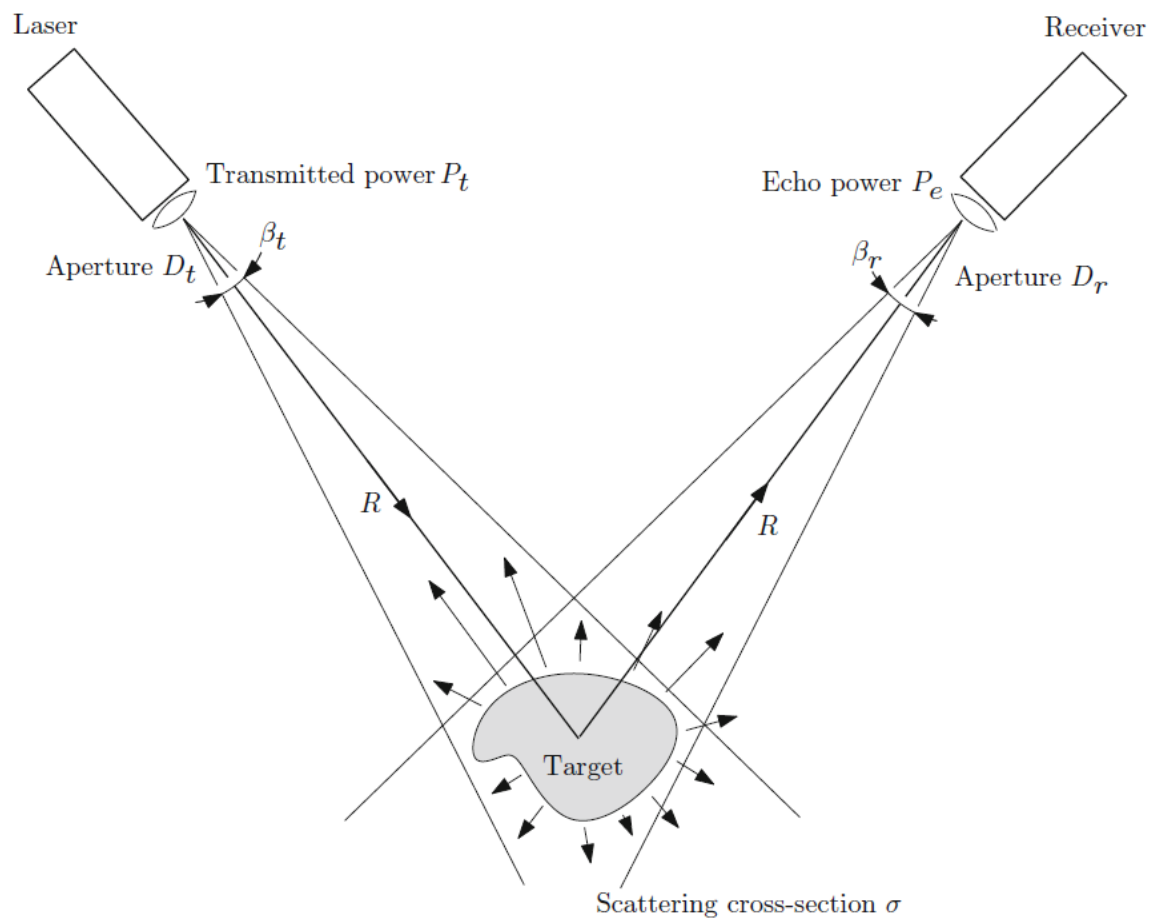


Airborne laser scanning (ALS)  
Воздушное лазерное  
сканирование (ВЛС)

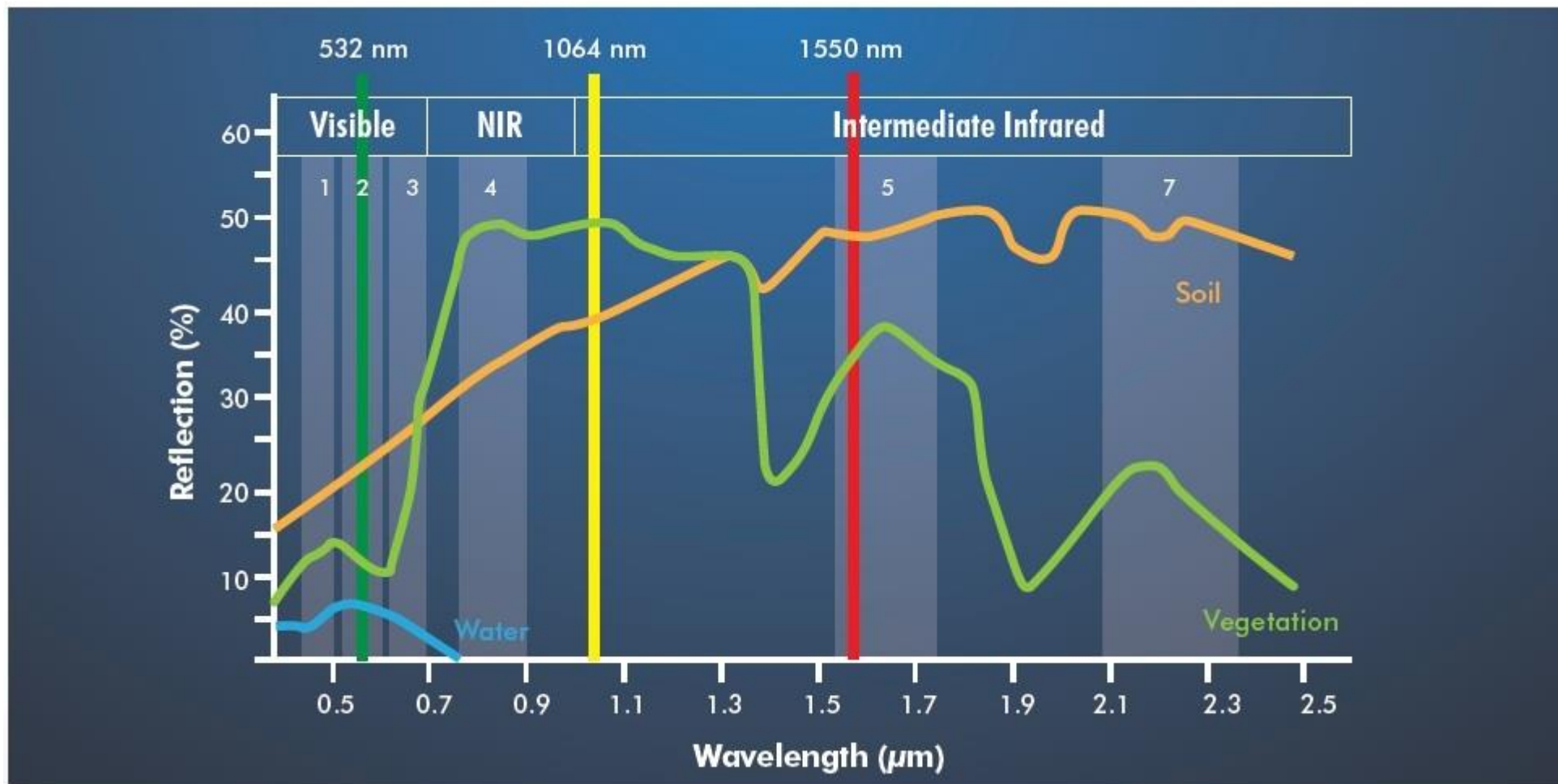
**Солодухин В. И., Жуков А. Я., Мажугин И. Н., Наркевич В. И.**  
Методы изучения вертикальных сечений древостоев. **1976.**

**Солодухин В.И., Жуков А.Я., Мажугин И.Н.** Возможности  
лазерной аэрофотосъемки профилей леса // Лесн. хоз-во, **1977,**  
10. С. 53–58.

# Принцип действия

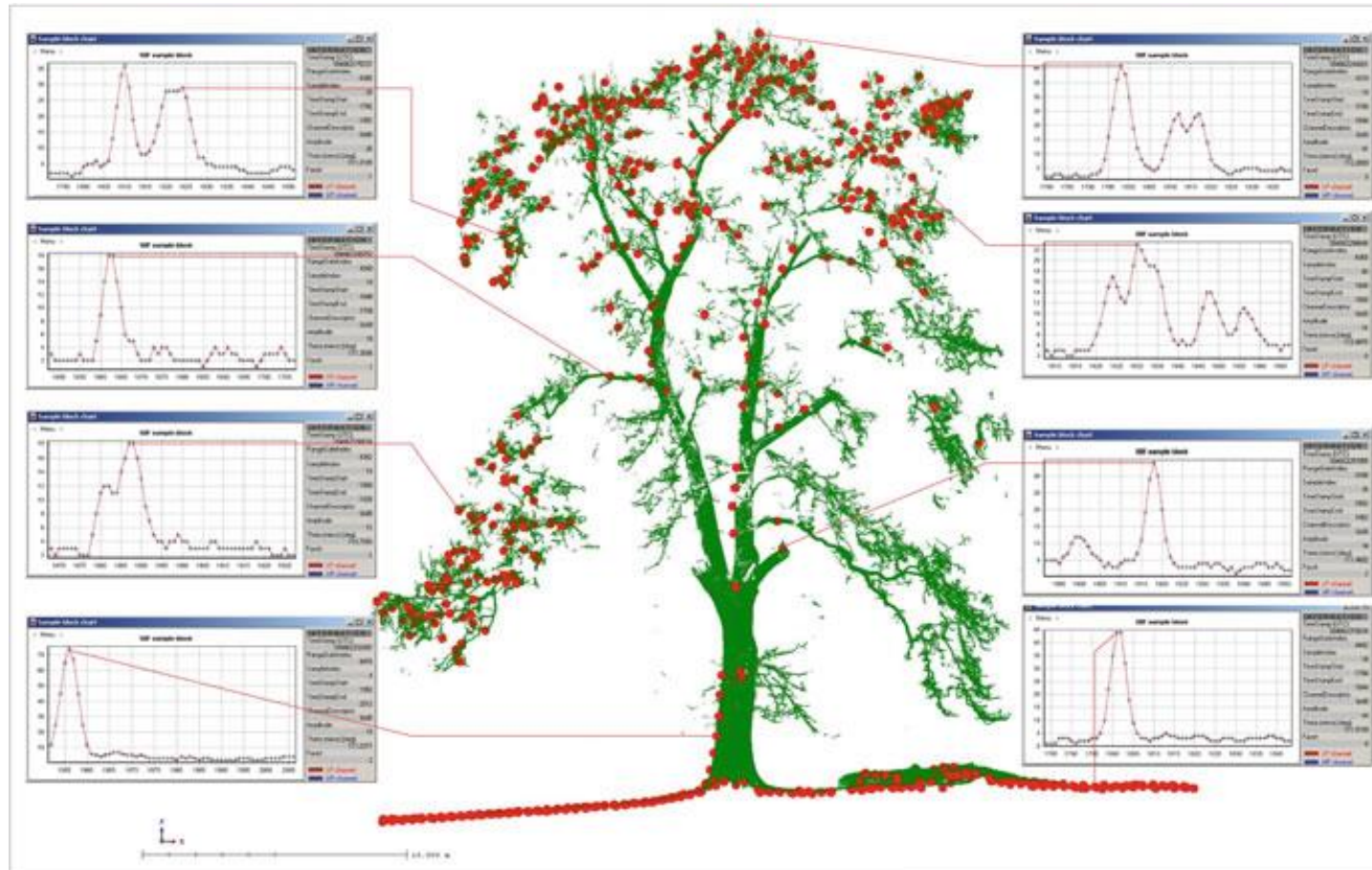


# Принцип действия





# Технологии: воздушное и наземное лазерное сканирование



Section of the TLS (*green*) and ALS (*red*) point cloud around a single tree, together with corresponding ALS waveforms. These waveforms represent amplitude over time which is the time lag since emission of the laser pulse. The displayed time range equals 60 ns at 1GHz sampling rate

# Инструменты



Воздушный лазерный сканер  
ALTM Gemini, Optech Inc\*

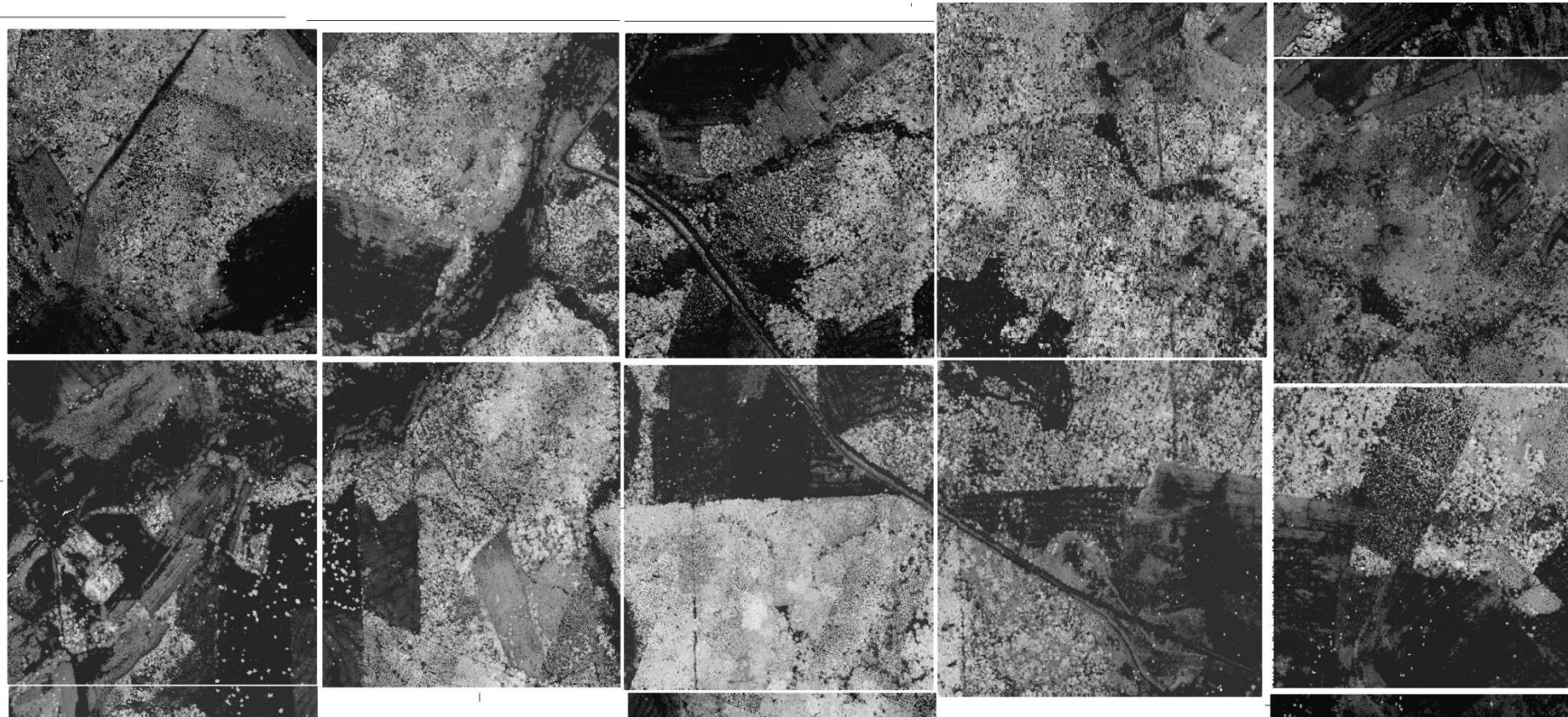
# Задачи

- Segmentation of Forest to Tree Objects
- The Semi-Individual Tree Crown Approach
- Tree Species Recognition
- Estimation of Biomass
- Predicting Tree Diameter Distributions

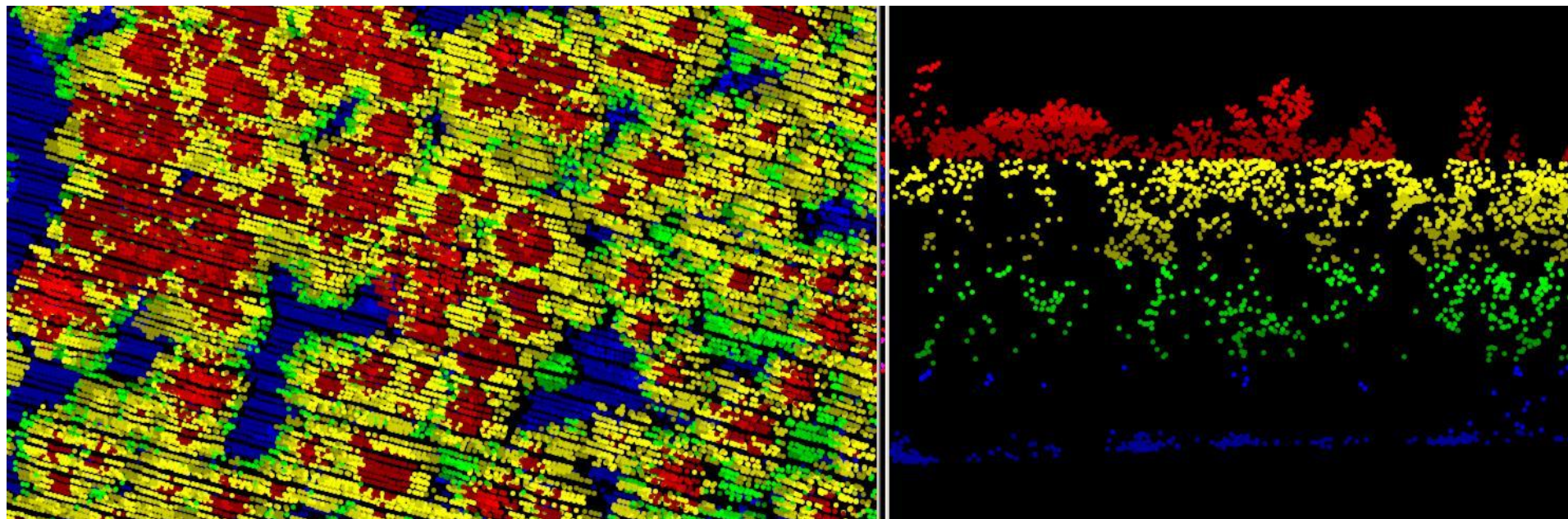
# ЛВС-данные по территории пестовского лесхоза



# Анализ лидарных данных



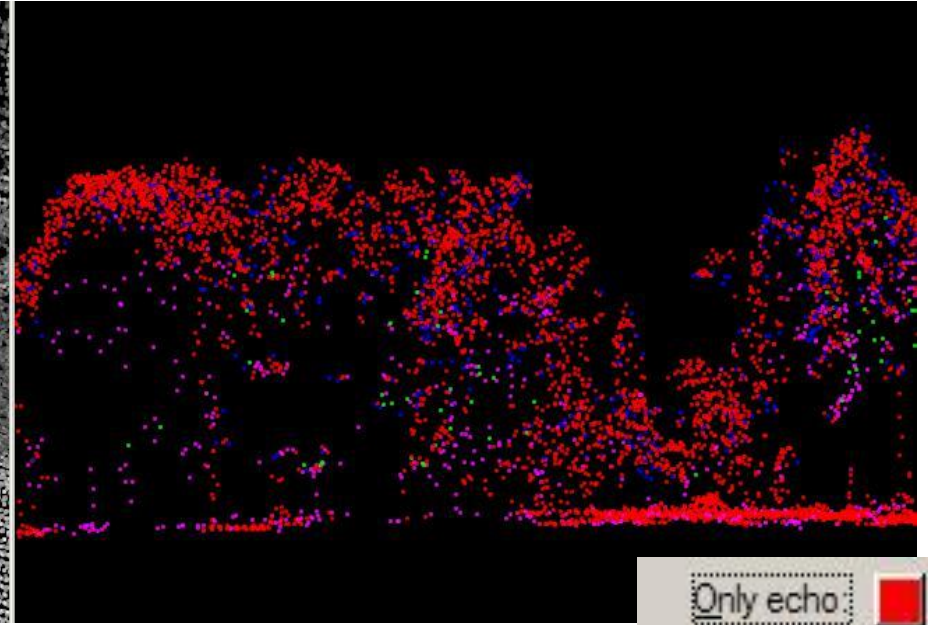
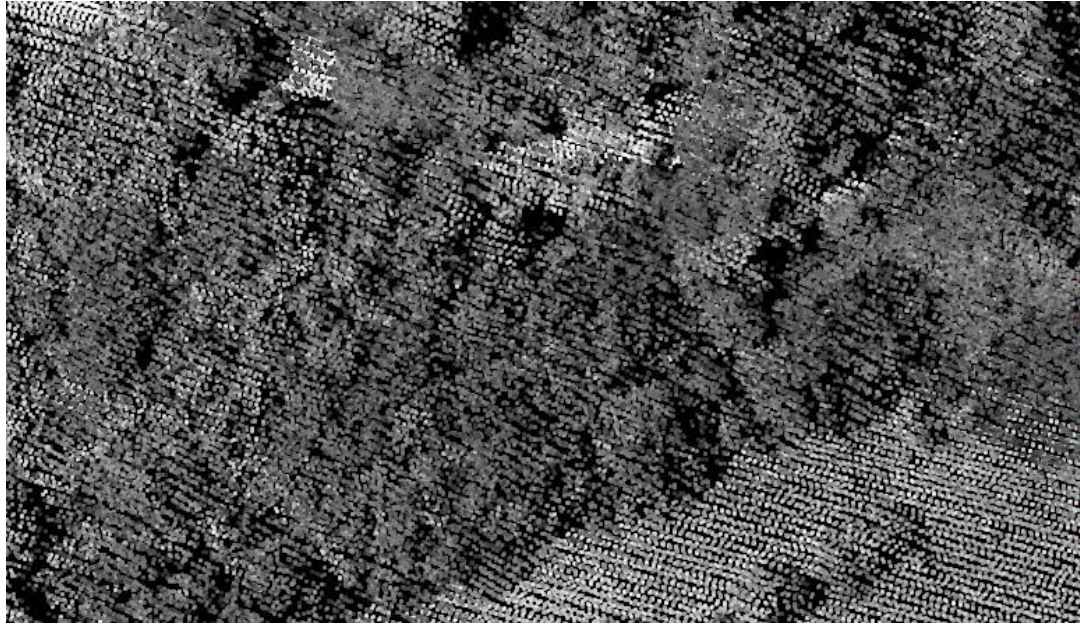
# Анализ лидарных данных



Точки лазерных отражений, расцвеченные по высоте. Вид сверху и в разрезе.

# Анализ лидарных данных

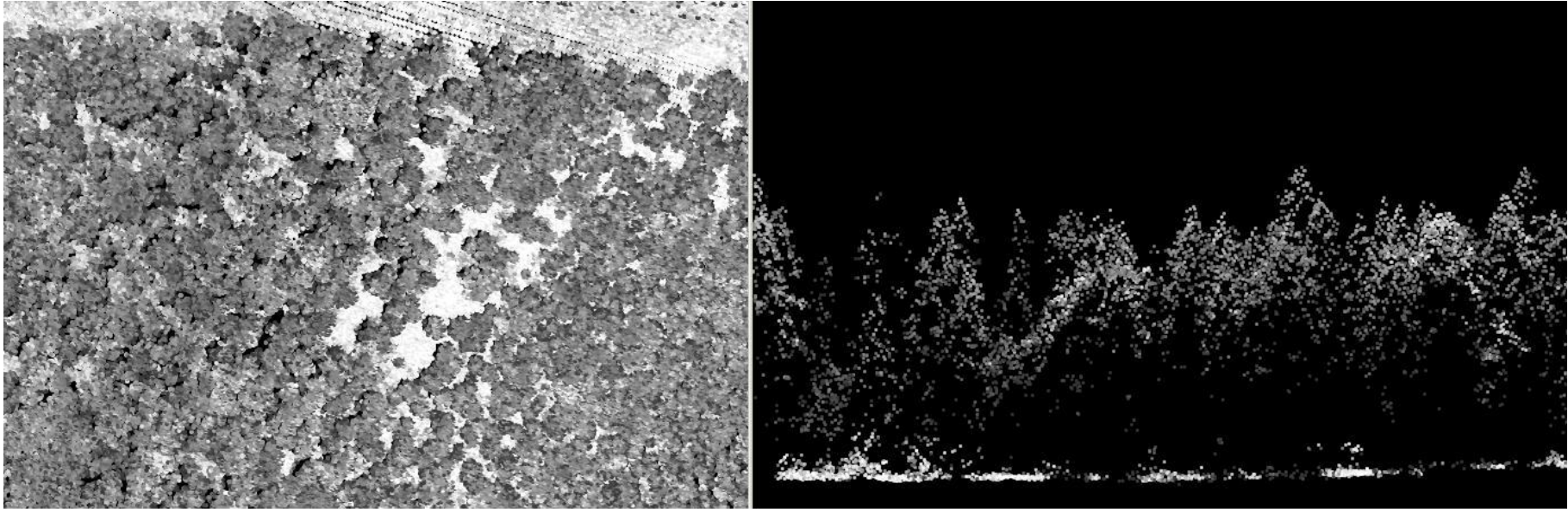
ТЛО и снимки на один и тот же участок.



Only echo:	
First of many:	
Intermediate:	
Last of many:	



# Анализ лидарных данных



The main **advantage** of the LiDAR data as an input for the segmentation and object building is the use of the **third dimension** in the resolution and accuracy which cannot be provided by other (3D) remote sensing methods.



# Анализ лидарных данных

Most forest applications of the LiDAR data are based on

*digital surface models* (DSM, the top of the canopy),  
*digital terrain models* (DTM, the bare ground),  
*normalized DSM* , (difference between the DSM and DTM, thus representing vegetation height.)

*Normalized DSM* is referred also to as *canopy or crown height models* (CHM).

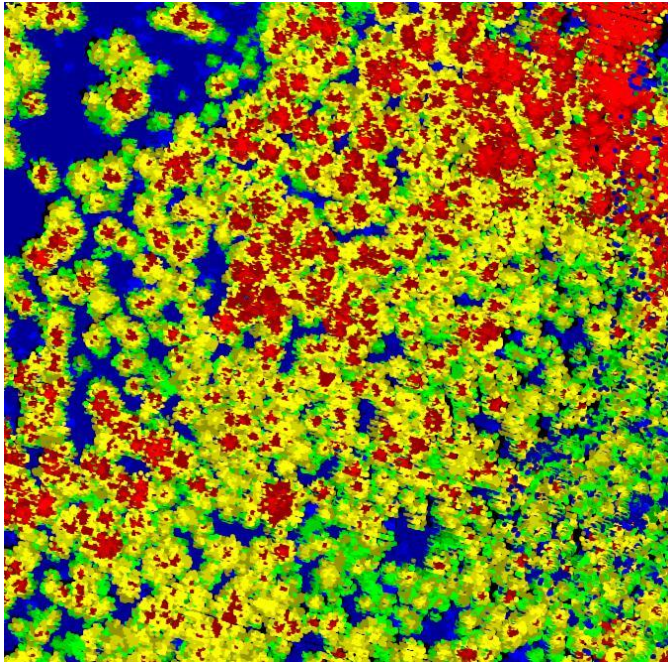
# Segmentation of Forest to Tree Objects

Forest Stand Segmentation

Segmentation of Single Trees

Tree Shape Reconstruction

# Алгоритм поиска вершин деревьев



The tree tops detection algorithm typically is based on searching local height maxima.

The differences between the algorithms are mainly related to adjusting the CHM smoothing in order to obtain a desired number of local maxima in varying canopy conditions.

# Алгоритм поиска вершин деревьев

- #1: Adaptive filtering based on CHM height values*
- #2: Local maxima detection with residual height adjustment*
- #3: Segmentation based on geometric tree crown models*
- #4: Adaptive segmentation based on Poisson forest stand model*
- #5: Cluster formation using modified k-means approach*
- #6: A voxel layer single tree modelling algorithm*
- ....*

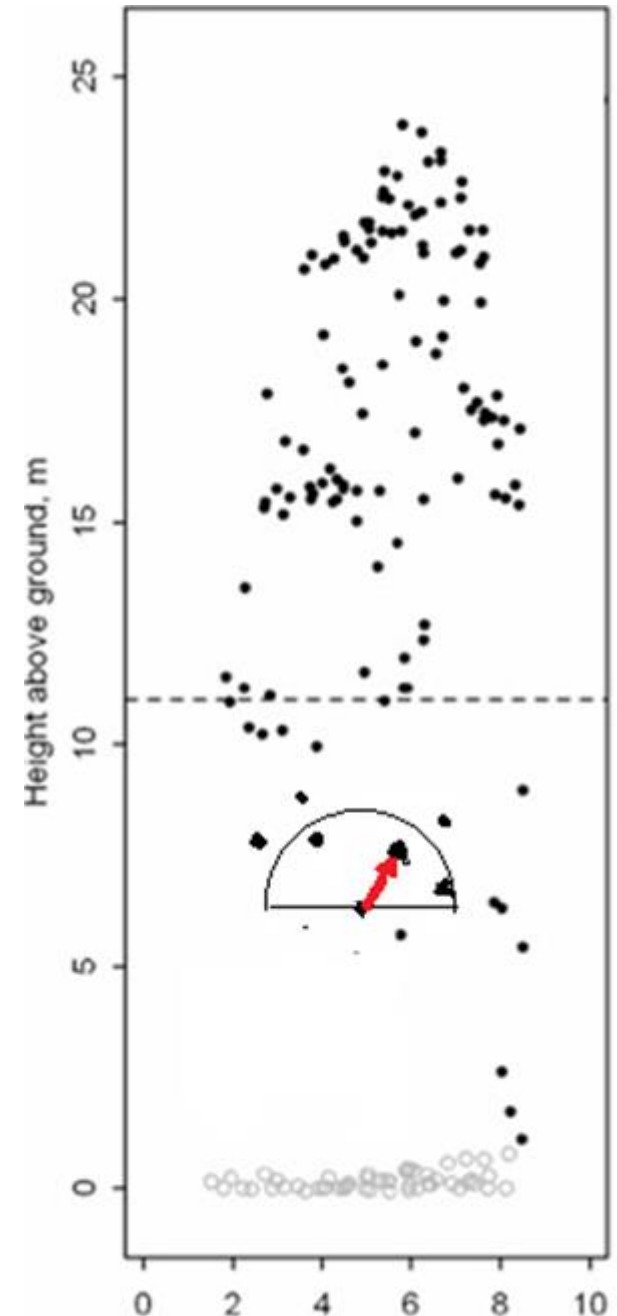
# Алгоритм поиска вершин деревьев

*A suggested algorithm works as follows*

Предложенный алгоритм строит набор несвязанных ориентированных графов на множестве  $U$  всех заданных точек, находя ближайшую к рассматриваемой точке  $u_i=(x_i, y_i, z_i)$  точку  $u_j=(x_j, y_j, z_j)$  из полупространства в  $R^3$ , ограниченного снизу плоскостью  $z = z_i$ , с условием на расстояние между точками  $\|u_j - u_i\| < r$ , где  $r$  – заданный скалярный параметр.

В случае невыполнения данного условия (т.е. отсутствия точек в заданной полусфере) построение графа прерывается. Можно показать, что полученный граф является графом-деревом с корнем в верхней точке.

Алгоритм заканчивает построение графа в том случае, когда в верхней полусфере радиуса  $r$  над данной точкой не будет найдено ни одной другой точки,



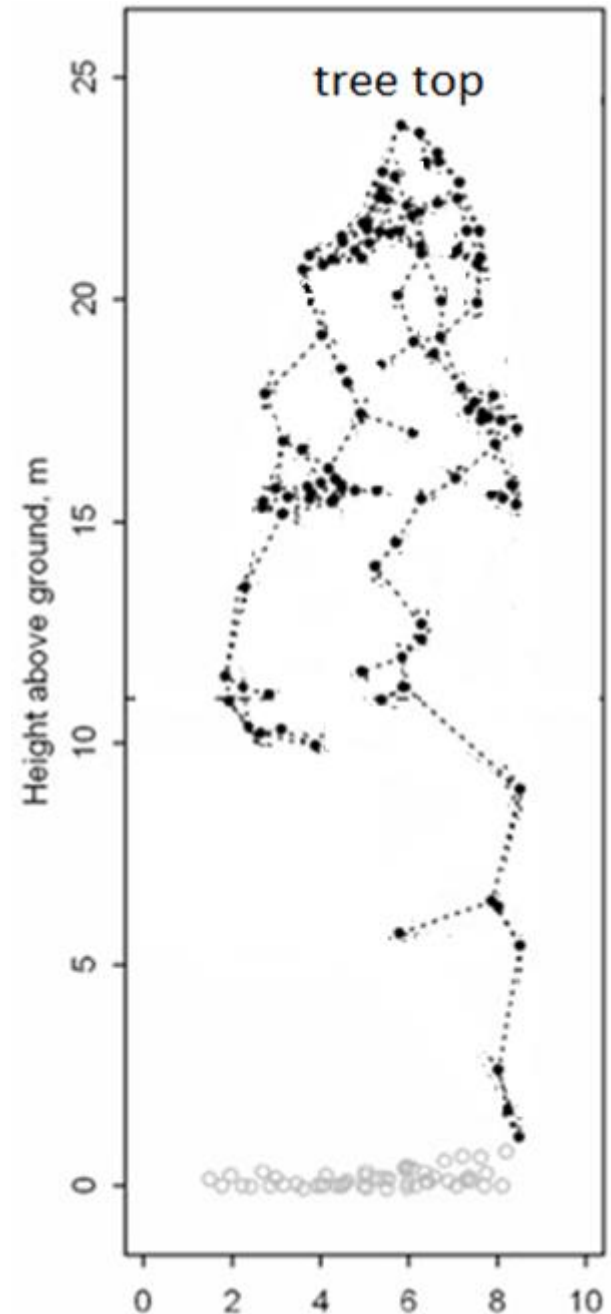
# Алгоритм поиска вершин деревьев

*A suggested algorithm works as follows*

Предложенный алгоритм строит набор несвязанных ориентированных графов на множестве  $U$  всех заданных точек, находя ближайшую к рассматриваемой точке  $u_i=(x_i, y_i, z_i)$  точку  $u_j=(x_j, y_j, z_j)$  из полупространства в  $R^3$ , ограниченного снизу плоскостью  $z = z_i$ , с условием на расстояние между точками  $\|u_j - u_i\| < r$ , где  $r$  – заданный скалярный параметр.

В случае невыполнения данного условия (т.е. отсутствия точек в заданной полусфере) построение графа прерывается. Можно показать, что полученный граф является графом-деревом с корнем в верхней точке.

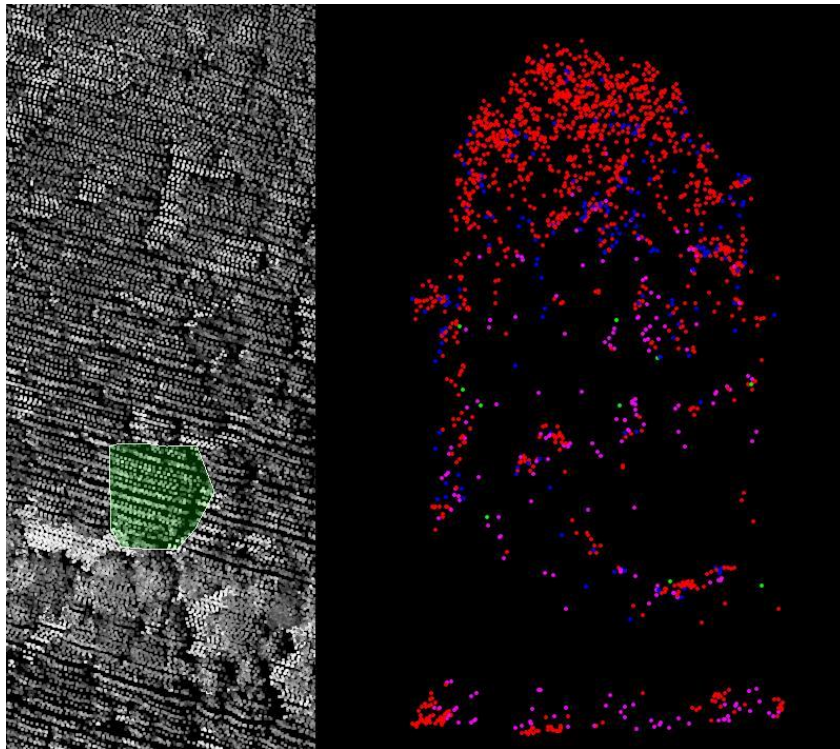
Алгоритм заканчивает построение графа в том случае, когда в верхней полусфере радиуса  $r$  над данной точкой не будет найдено ни одной другой точки,



# *Tree Shape Reconstruction*

Our algorithm for detecting tree tops enables a delineation of the tree crowns in the vertical direction, allowing further applications towards

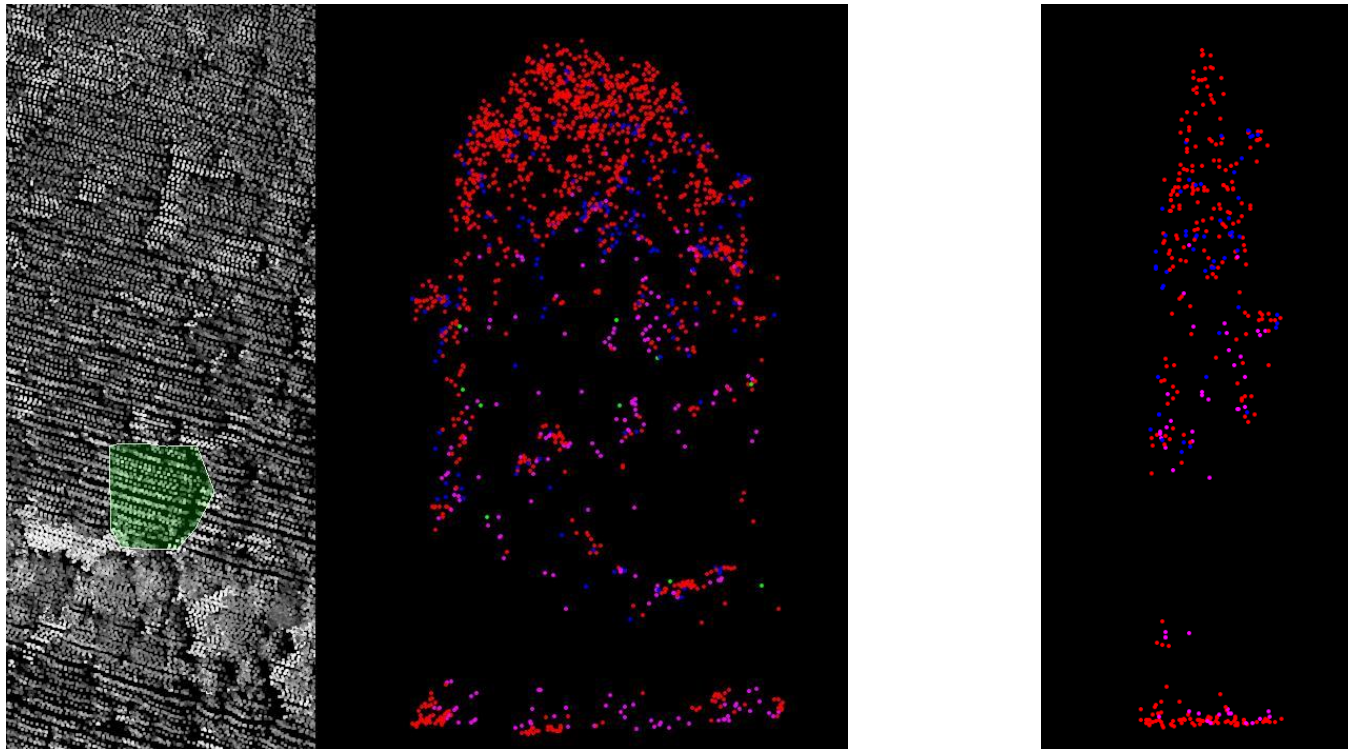
tree species recognition, modeling tree growth, forest development, forest light interaction, and so on.



# Tree Shape Reconstruction

Our algorithm for detecting tree tops enables a delineation of the tree crowns in the vertical direction, allowing further applications towards

tree species recognition, modeling tree growth, forest development, forest light interaction, and so on.



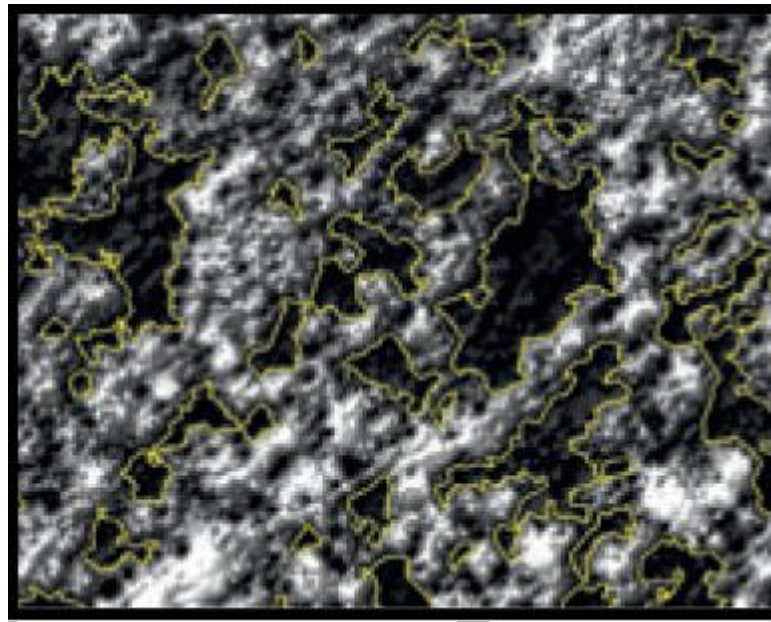


# Ecological Applications

- Assessing Biodiversity
- Assessing Dead Wood
- Estimation of Canopy Cover, Gap Fraction and Leaf Area Index
- Canopy Gap Detection
- Analysis of Tree Location Spatial Patterns
- Applications in Forest Fire Protection

# Выделение окон в пологом леса

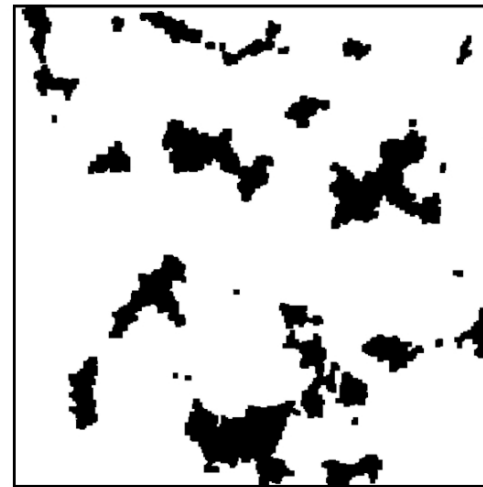
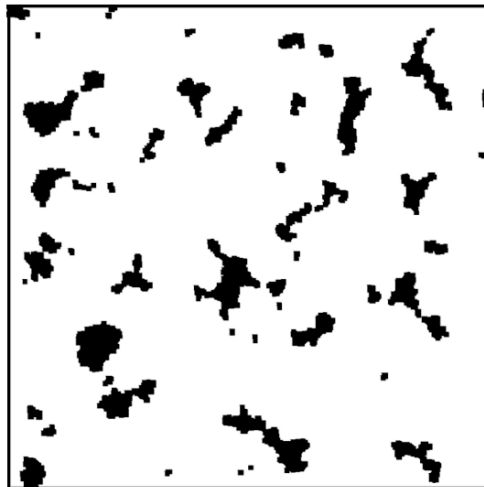
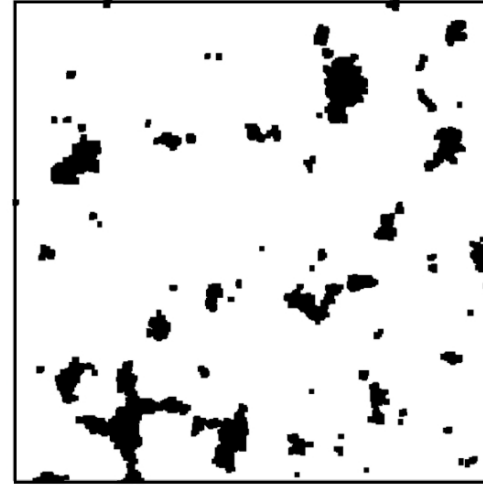
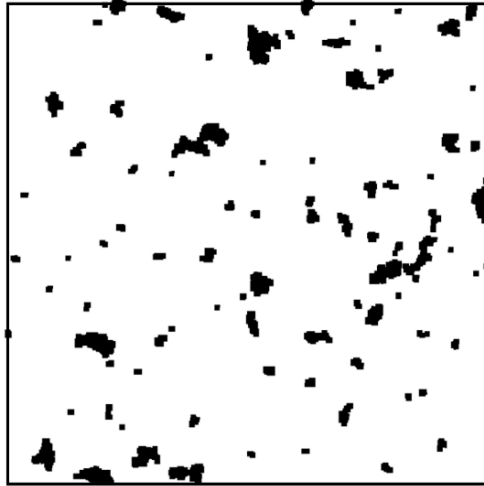
**Gaps play a crucial role in dynamics and maintaining species diversity through regeneration processes**



Canopy gap detection is based on CHM methods

# Выделение окон в пологе леса

## Stochastic Geometry based methods




## Stochastic Geometry based methods

-  PDF
-  Info
-  References
-  Figures

# ECOSPHERE

[Explore this journal >](#)

 Open Access   Creative Commons

Article

## Envelope tests for spatial point patterns with and without simulation

[Thorsten Wiegand](#) , [Pavel Grabarnik](#), [Dietrich Stoyan](#)

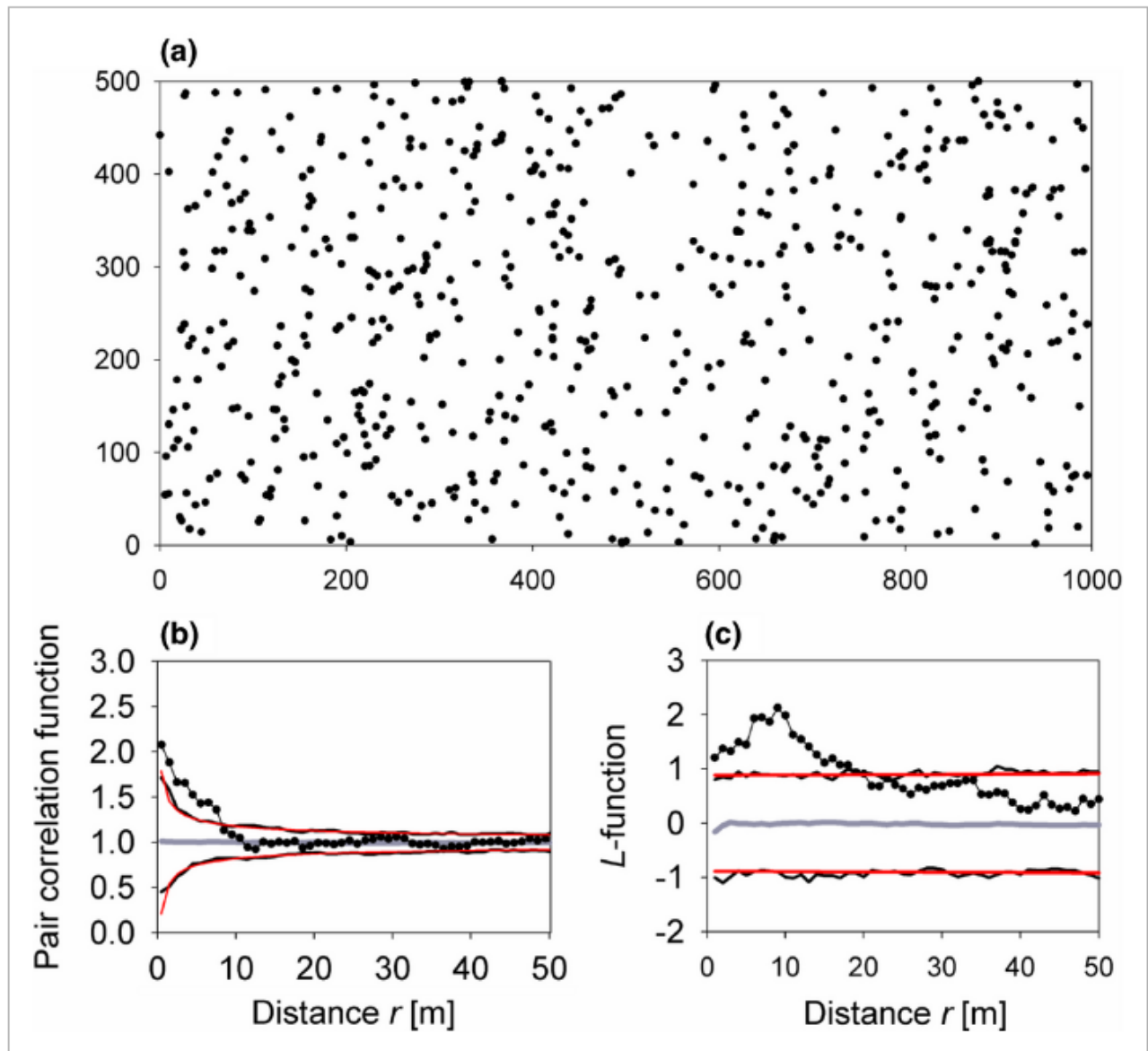
First published: [4 June 2016](#) [Full publication history](#)



[View issue TOC](#)  
Volume 7, Issue 6  
June 2016

# Анализ пространственной структуры древостоя

625 juvenile individuals of the species *Stylogyne turbacensis* at the 50 ha BCI tropical forest plot



**Спасибо за внимание!**