3D modelowanie drzew z prześwietlonymi strukturami koron

Elżbieta Lewandowicz[1], Fayez Tarsha Kurdi[2], Zahra Gharineiat [2], Jie Shan[3]

[1] **Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie**, Wydział Geoinżynierii, Olsztyn, Poland e-mail: leela@uwm.edu.pl

[2] **School of Surveying and Built Environment, Faculty of Health, Engineering and Sciences**, **University of Southern Queensland**, Springfield Campus, Springfield, QLD 4300, Australia e-mail: Fayez.TarshaKurdi@unisq.edu.au , zahra.gharineiat@usq.edu.au

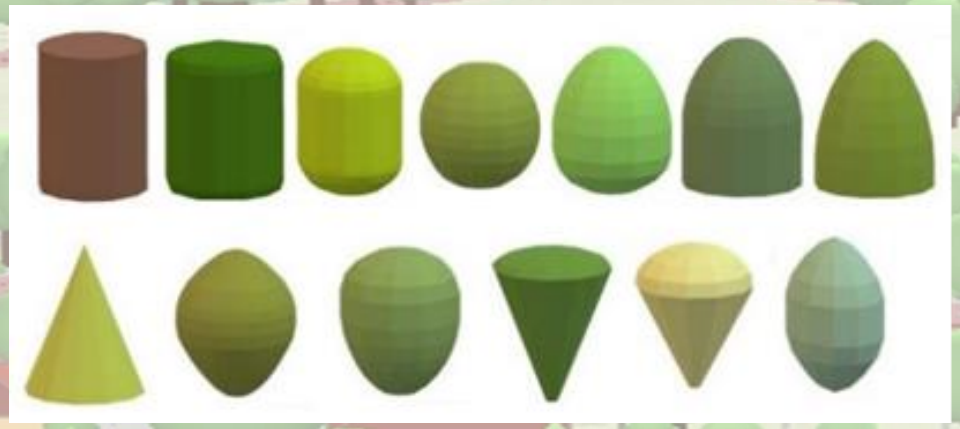
[3] **School of Civil Engineering**, **Purdue University**, West Lafayette, IN 47907, USA e-mail: jshan@purdue.edu

IV Akademia Kartografii i Geoinformatyki „Modelowanie czasoprzestrzenne”
Wrocław, 22-24 maja 2024 r.

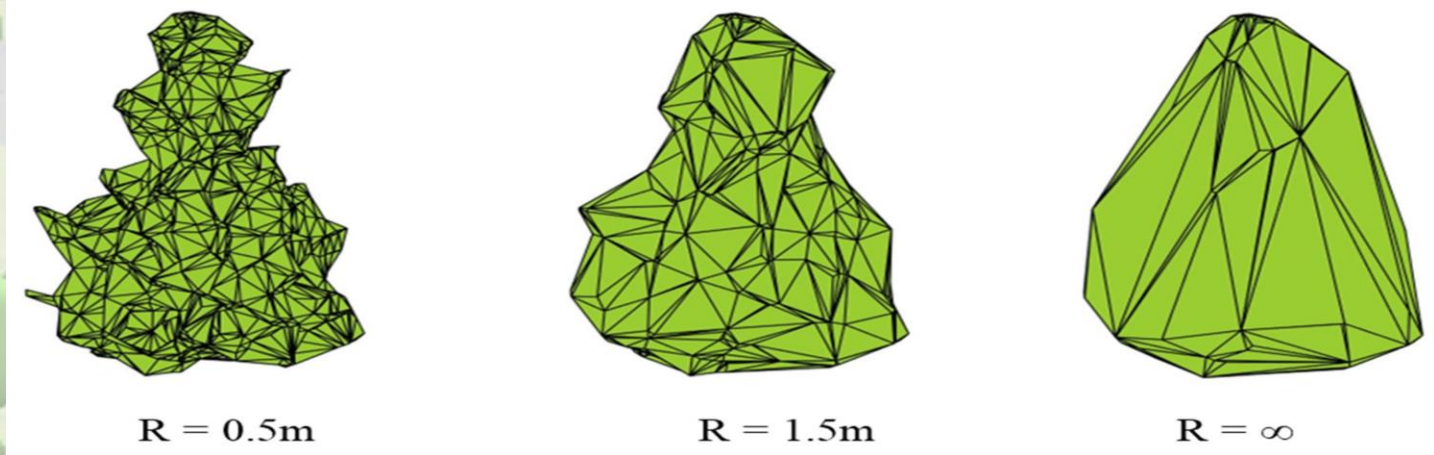
Plan prezentacji, założenie cel badań:

- Wprowadzenie
- Cel - opracowanie metodyki automatycznego modelowaniem drzew 3D w oparciu o punkty LIDAR,
  - otrzymanie przejrzystych, prześwietlonych struktur koron,
- Dane – podzbiory chmury punktów LIDAR, prezentujących pojedyncze drzewa,
- Metodyka –zapis modelu w formie matematycznej.

Modele drzew jako bryły:



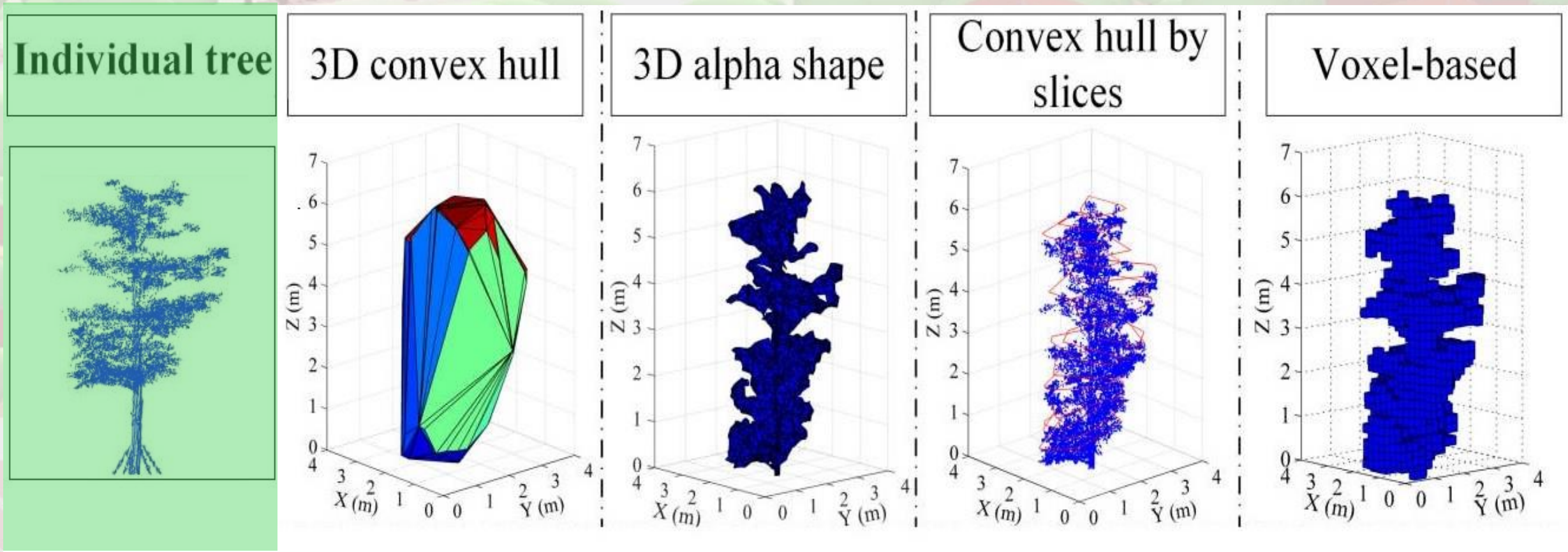
Ortega-Córdova, L. Urban Vegetation Modeling 3D Levels of Detail. 2018 Degree granting institution. MSc thesis in Geomatics for the Built Environment Tu Delft https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid:8b8967a8-0a0f-498f-9d37-71c6c3e532af?collection=education, (Accessed on 26 March 2024).



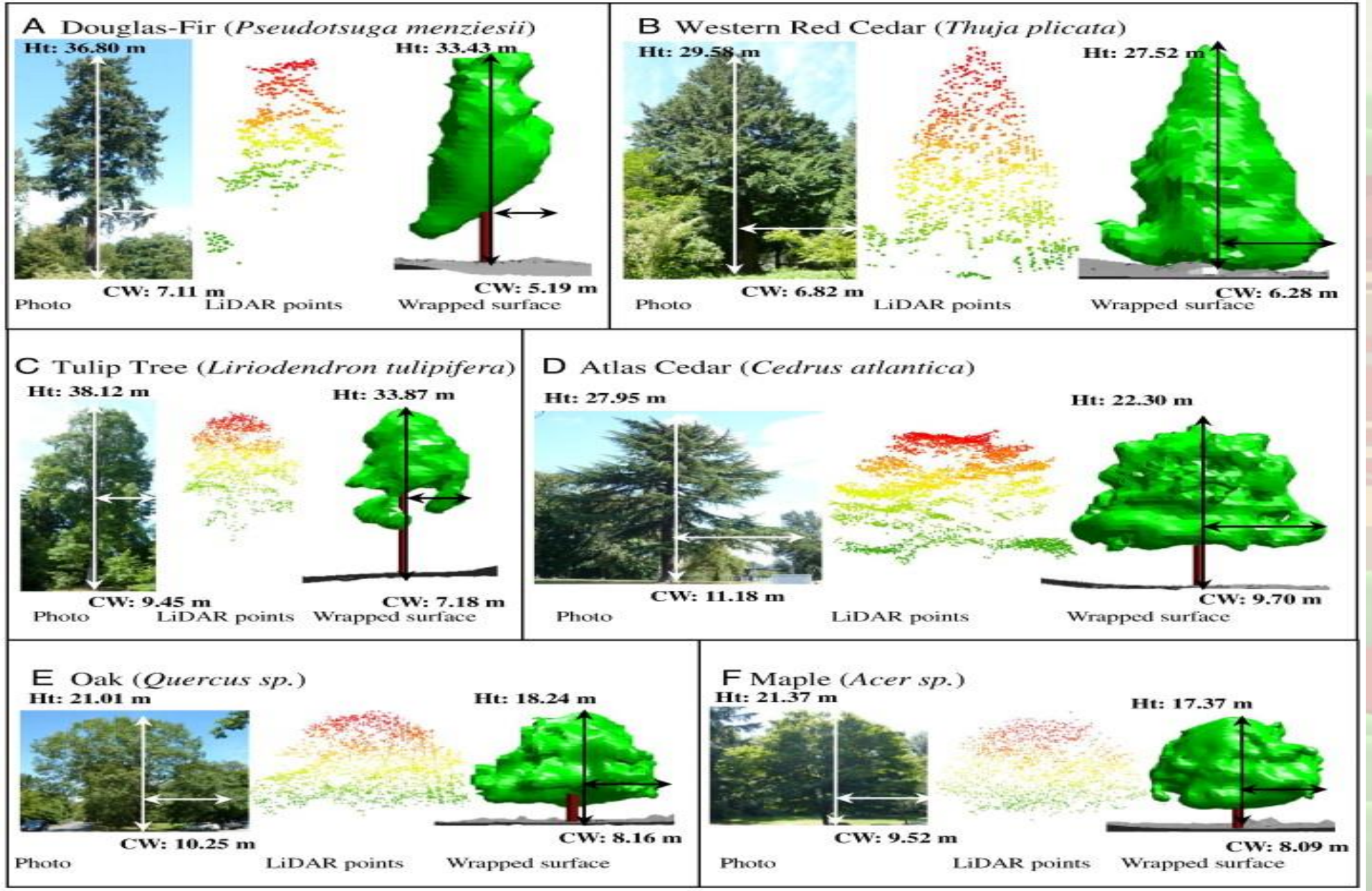
Convex hull algorytm

Zhou, L.; Li, X.; Zhang, B.; Xuan, J.; Gong, Y.; Tan, C.; Huang, H.; Du, H. Estimating 3D Green Volume and Aboveground Biomass of Urban Forest Trees by UAV-Lidar. Remote Sens. 2022, 14, 5211. https://doi.org/10.3390/rs14205211.

Algorytmy pomocne do modelowania drzew



Yan, Z.; Liu, R.; Cheng, L.; Zhou, X.; Ruan, X.; Xiao, Y. A Concave Hull Methodology for Calculating the Crown Volume of Individual Trees Based on Vehicle-Borne LiDAR Data. Remote Sens. 2019, 11, 623. https://doi.org/10.3390/rs11060623.



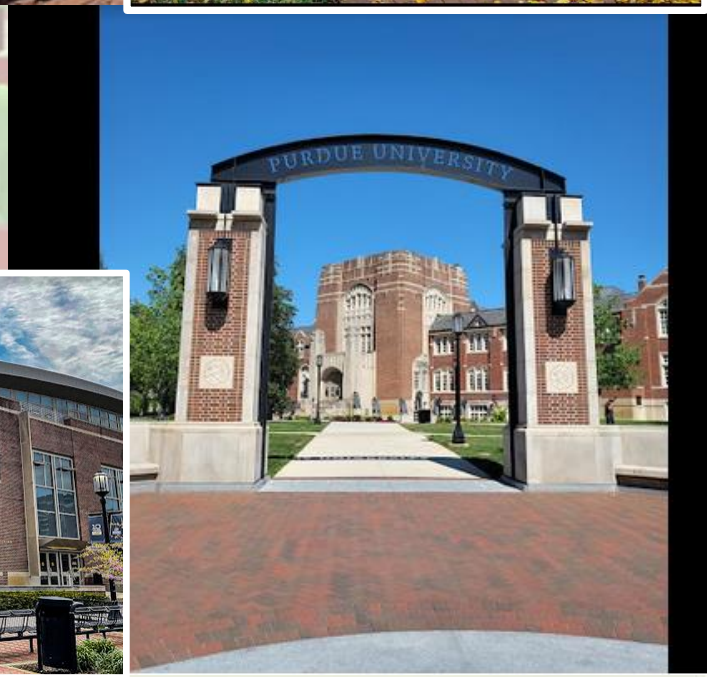
Kato, A.; Moskal, L.M.; Schiess, P.; Swanson, M.E.; Calhoun, D.; Stuetzle, W. Capturing tree crown formation through implicit surface reconstruction using airborne lidar data, Remote Sensing of Environment, Vol 113, Issue 6, 2009, pp 1148-1162, ISSN 0034-4257, https://doi.org/10.1016/j.rse.2009.02.010.

Struktura drzewa: prześwietlona korona, zwarty pień

Kato, A.; Moskal, L.M.; Schiess, P.; Swanson, M.E.; Calhoun, D.; Stuetzle, W. Capturing tree crown formation through implicit surface reconstruction using airborne lidar data, Remote Sensing of Environment, Vol 113, Issue 6, 2009, pp 1148-1162, ISSN 0034-4257, https://doi.org/10.1016/j.rse.2009.02.010

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Wydział Geoinżynierii, Olsztyn**, Poland**

School of Surveying and Built Environment, Faculty of Health, Engineering and Sciences, University of Southern Queensland, Springfield Campus, Springfield, **Australia**

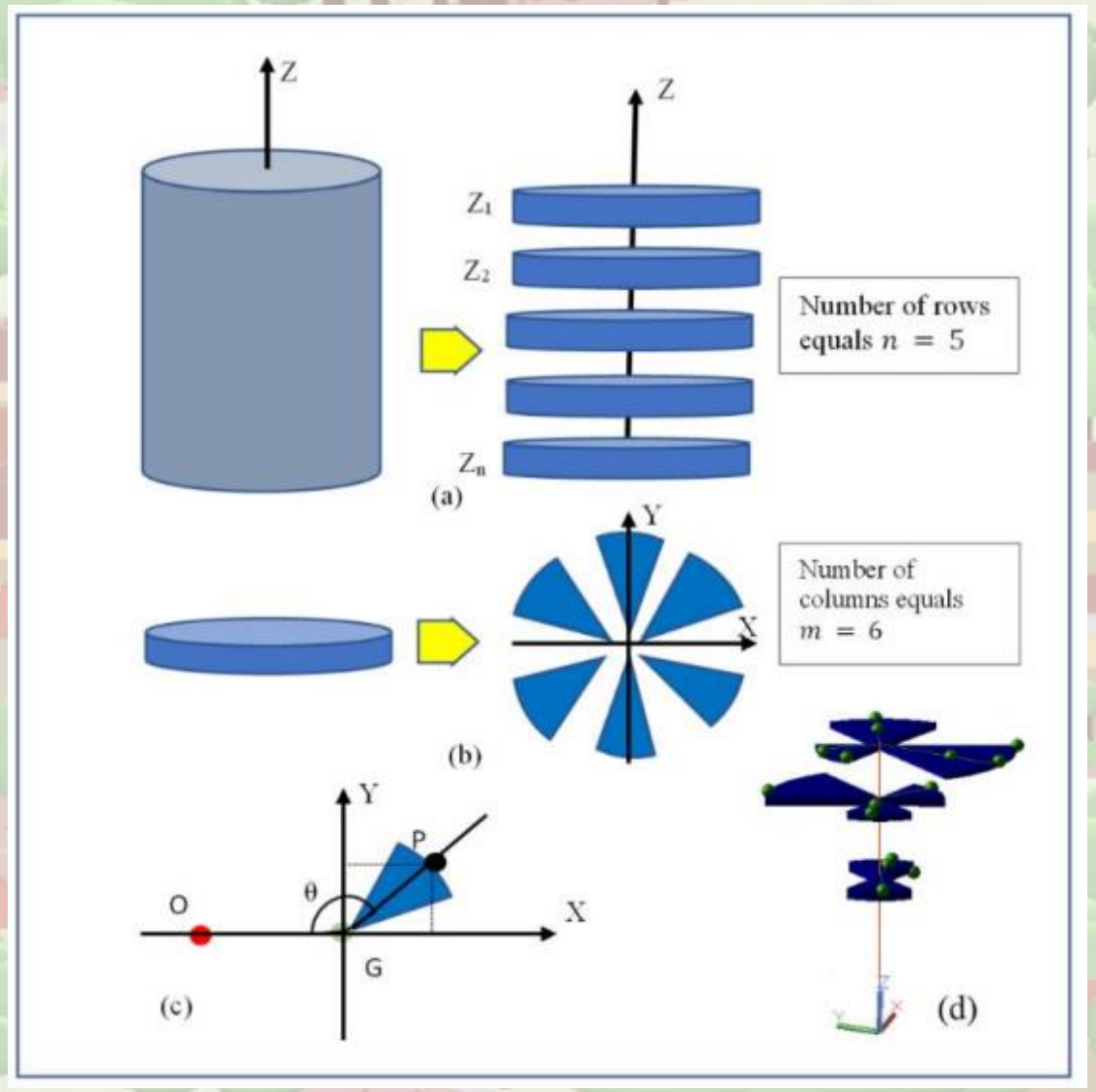


School of Civil Engineering, Purdue University, West Lafayette, **USA**

Założenia:

- Model korony zależny od rozkładu punktów LIDAR
- Model korony jako struktura warstwowo – sektorowa
- Modele pnia drzewa jako struktura warstwowo walcowa
- Zapisy modelu drzewa w formie matematycznej (macierzowej)
  - zapis macierzowy gwarantuje porównywanie modeli w czasie

Podstawy modelowania i zapisów macierzowych oraz wyniki przy różnych parametrach warstw i sektorów



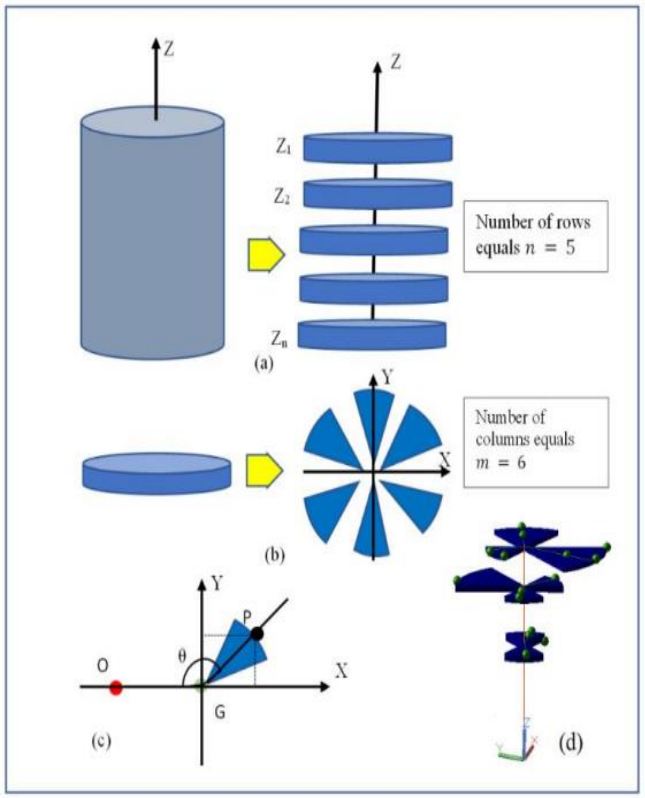
$$\boldsymbol{X} = \begin{bmatrix} X_g & X_g + \beta_{1,1} & X_g + 2\beta_{1,2} \ldots\ldots & X_g + (m-1) \times \beta_{1,m-1} \\ X_g & X_g + \beta_{2,1} & X_g + 2\beta_{2,2} \ldots\ldots & X_g + (m-1) \times \beta_{2,m-1} \\ X_g & X_g + \beta_{3,1} & X_g + 2\beta_{3,2} \ldots\ldots & X_g + (m-1) \times \beta_{3,m-1} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ X_g & X_g + \beta_{n,1} & X_g + 2\beta_{n,2} \ldots\ldots & X_g + (m-1) \times \beta_{n,m-1} \end{bmatrix}$$

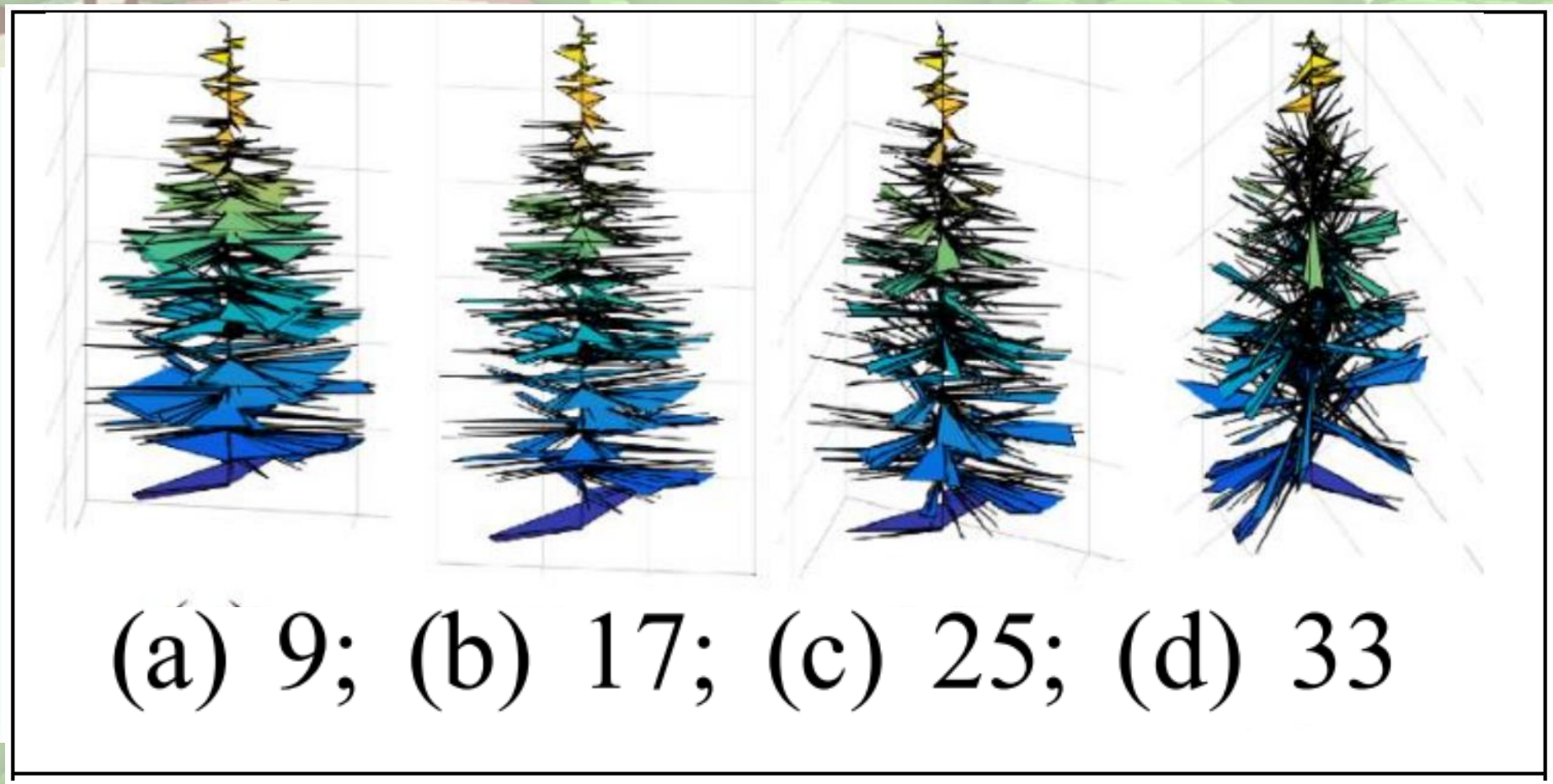
$$\boldsymbol{Y} = \begin{bmatrix} Y_1 & Y_1 + \alpha_{1,1} & Y_1 + 2\alpha_{1,2} \ldots & Y_1 + (m-1) \times \alpha_{1,m-1} \\ Y_2 & Y_2 + \alpha_{2,1} & Y_2 + 2\alpha_{2,2} \cdots & Y_2 + (m-1) \times \alpha_{2,m-1} \\ Y_3 & Y_3 + \alpha_{3,1} & Y_3 + 2\alpha_{3,2} \cdots & Y_3 + (m-1) \times \alpha_{3,m-1} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ Y_n & Y_n + \alpha_{n,1} & Y_n + 2\alpha_{n,2} \ldots & Y_n + (m-1) \times \alpha_{n,m-1} \end{bmatrix}$$

$$\boldsymbol{Z} = \begin{bmatrix} Z_1 & Z_1 & \cdots & Z_1 \\ Z_2 & Z_2 & \cdots & Z_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ Z_n & Z_n & Z_n & Z_n \end{bmatrix}$$

doi: 10.1109/JSTARS.2024.3349549

Dobór parametrów - liczby warstw i sektorów

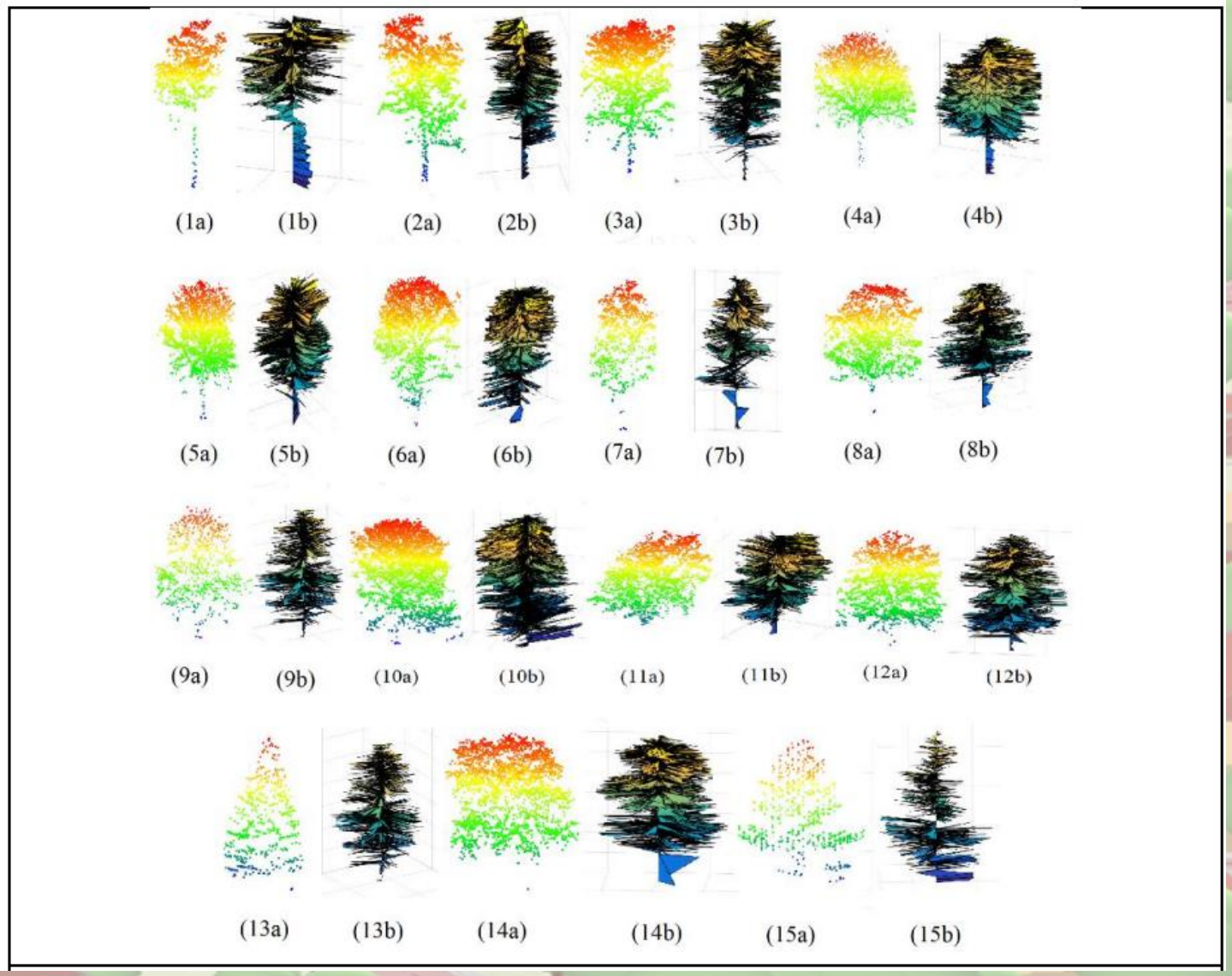




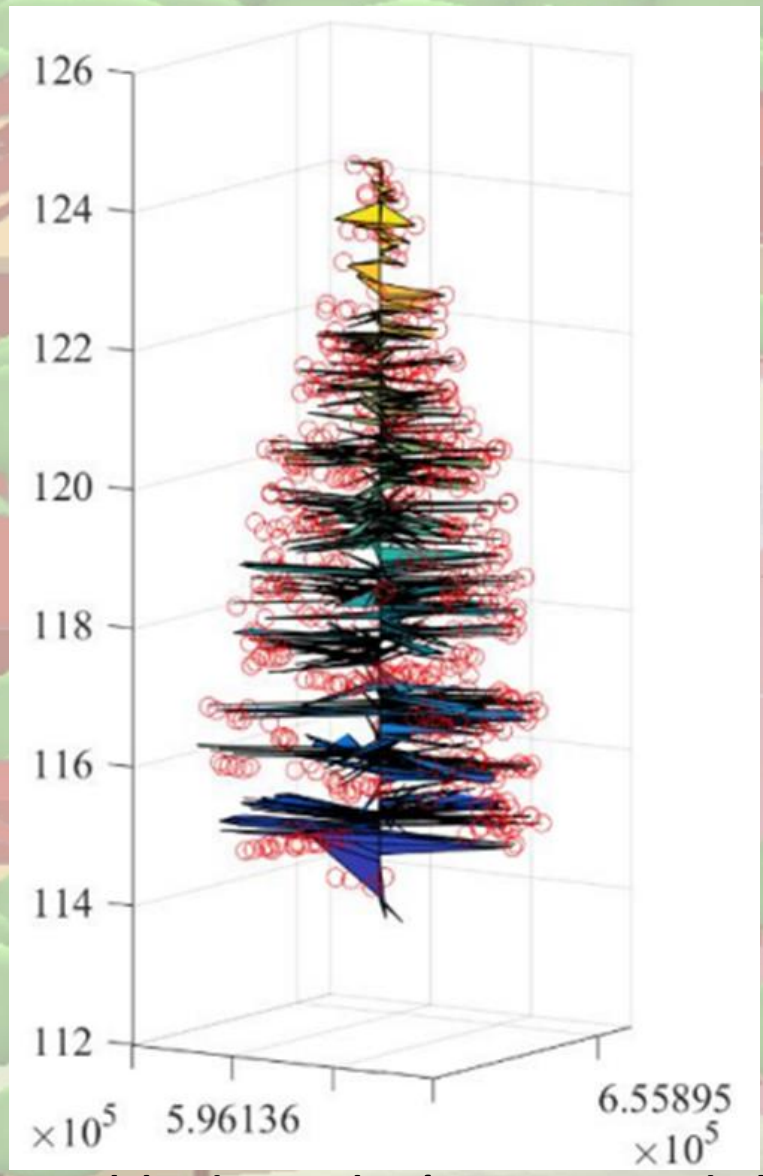
Zróżnicowane modele w zależności od różnych liczb sektorów przy 369 warstwach

doi: 10.1109/JSTARS.2024.3349549

Wyniki graficzne



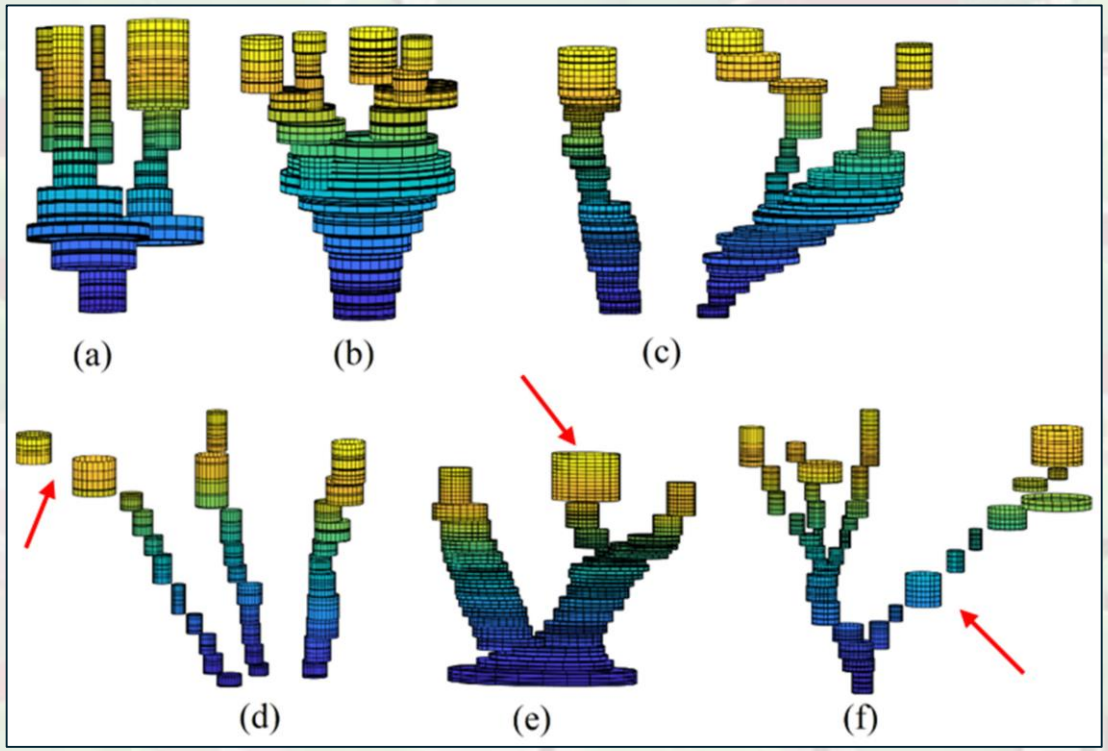
Chmury punktów i modele 3D

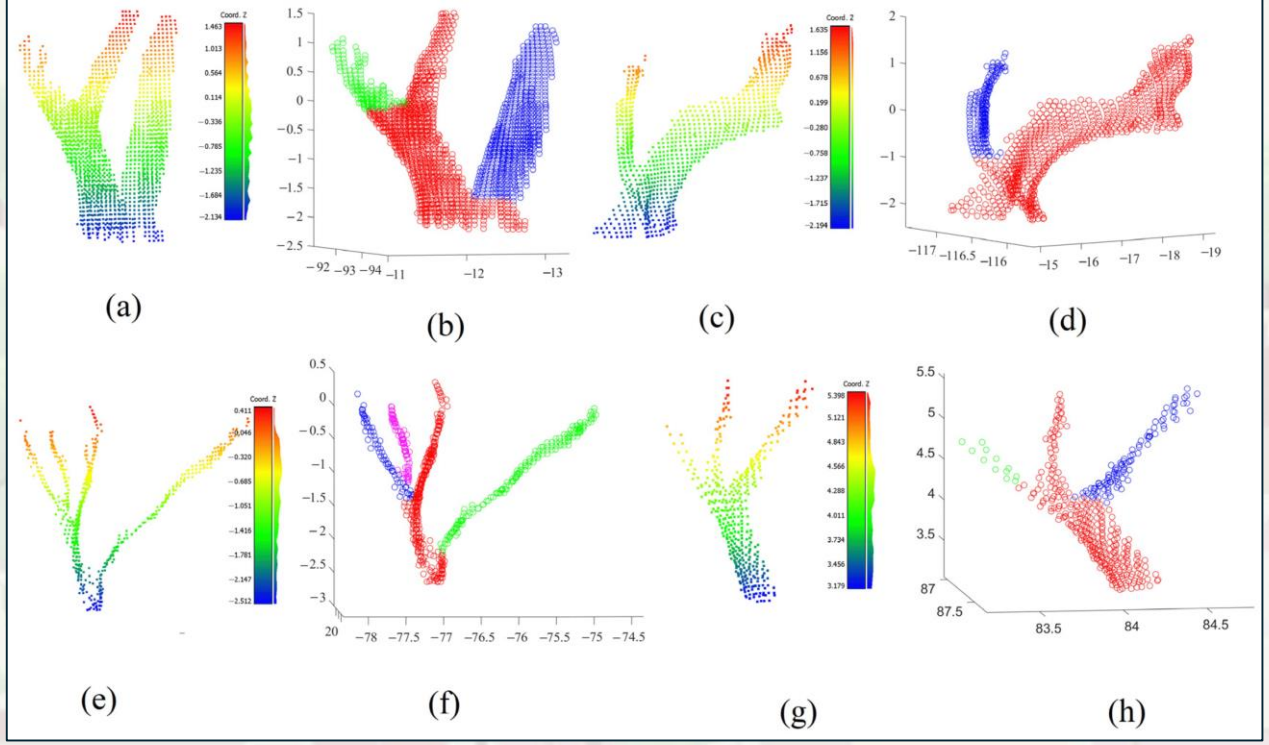


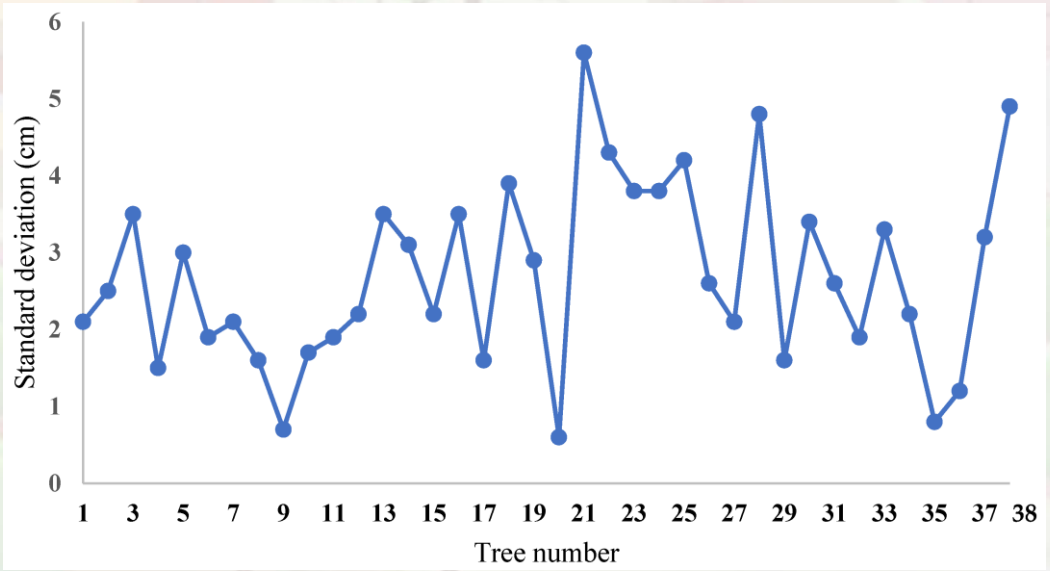
Rozkład punktów na modelu

Modelowanie pni

- Struktura walcowa







Dokładność odwzorowania

Tarsha Kurdi, F.; Gharineiat, Z.; Lewandowicz, E.; Shan, J. Modeling the Geometry of Tree Trunks Using LiDAR Data. Forests 2024, 15, 368. https://doi.org/10.3390/f15020368

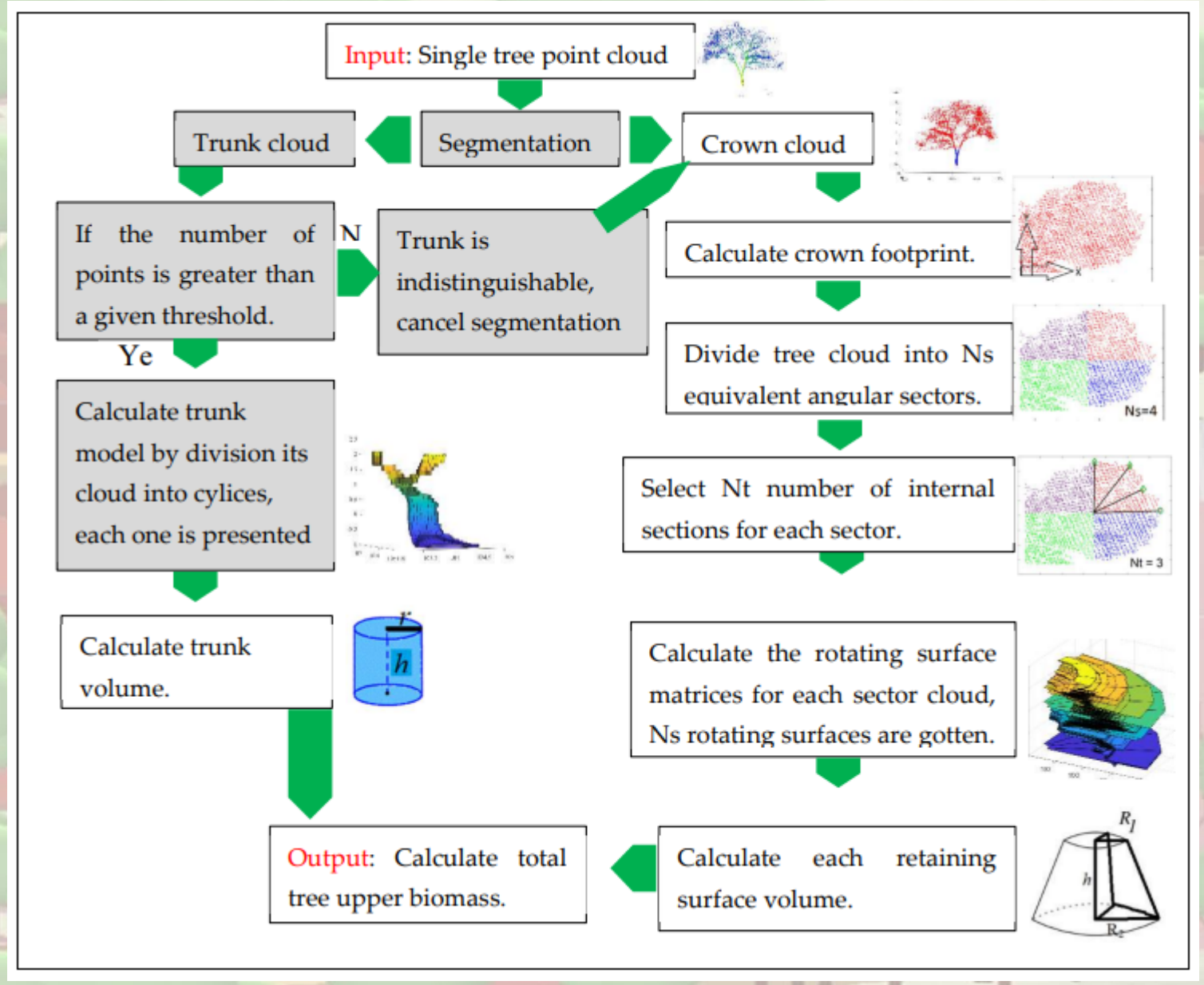
WYZNACZENIE PARAMETRÓW DRZEW

Tree Num	Specie	Automatic extracted from tree Model				Direct measurement on tree point cloud			Absolute errors			Relative Absolute Errors (RAE)		
		BCV+CV (m^3)	Ht (m)	Fd (m)	Td (m)	Ht (m)	Fd (m)	Td (m)	ΔHt (m)	ΔFd (m)	ΔTd (m)	ΔHt / Ht ×100 (%)	ΔFd / Fd ×100 (%)	ΔTd/ Td ×100 (%)
1	Birch	268.61	21.72	9.37	0.61	21.48	9.55	0.45	0.24	0.18	0.16	1.12	1.88	35.56
2	Maple	541.58	21.3	14.75	0.68	21.22	12.94	0.72	0.08	1.81	0.04	0.38	13.99	5.56
3	Maple	336.01	18.43	11.83	0.61	18.26	11.76	0.67	0.17	0.07	0.06	0.93	0.6	8.96
4	Beech	1273.58	25.45	25.15	0.86	25.5	23.71	0.74	0.05	1.44	0.12	0.2	6.07	16.22
5	Oak	1755.86	26.2	23.48	0.87	26.38	18.67	1.18	0.18	4.81	0.31	0.68	25.76	26.27
6	Maple	995.47	22.9	19.7	-	22.91	16.49	-	0.01	3.21	-	0.04	19.47	-
7	Birch	263	18.78	9.29	-	18.78	8.95	-	0	0.34	-	0	3.8	-
8	Birch	508.32	17.81	14.77	-	17.9	13.55	-	0.09	1.22	-	0.5	9	-
9	Maple	214.02	12.12	10.76	-	12.19	8.98	-	0.07	1.78	-	0.57	19.82	-
10	Beech	1755.4	23.98	21.24	-	23.92	20.7	-	0.06	0.54	-	0.25	2.61	-
11	Maple	467.72	14.59	15.45	-	14.63	14.65	-	0.04	0.8	-	0.27	5.46	-
12	Walnut	769.73	18.76	17.92	-	18.77	15.92	-	0.01	2	-	0.05	12.56	-
13	Fir	100.62	10.64	6.21	-	10.43	5.49	-	0.21	0.72	-	2.01	13.11	-
14	Maple	489.9	14.46	14.38	-	14.47	13.64	-	0.01	0.74	-	0.07	5.43	-
15	Pine	89.9	7.64	7.79	-	7.79	7.16	-	0.15	0.63	-	1.93	8.8	-
16	Maple	701.2	19.66	17.19	-	19.75	15.52	-	0.09	1.67	-	0.46	10.76	-

BCV: podstawowa objętość korony; CV: objętość korony; Ht: wysokość drzewa; Fd: średnica rzutu korony; Td: średnica pnia

Modyfikacja metodyki

- Modelowanie korony z uwzględnieniem sekcji w sektorach



Wnioski:

Do modelowania drzew, przyjęto:

- warstwowe podzbiory chmury punktów LIDAR,

Algorytm pozwala na:

- **wizualizację koron zależną od rozkładu punktów LIDAR,**
- **zapis modelów drzew w formie macierzowej.**
- **zapisy matematyczne umożliwią w przyszłości cyfrowe monitorowanie zmian koron drzew.**

Dokładności opracowanych modeli wykonano poprzez ocenę dopasowania chmury punktów LIDAR do modeli 3 drzew:

- **dopasowanie chmury punktów LIDAR do modeli koron, uzyskano na poziomie 0,3 do 0,89 m.,**
- **dopasowanie chmury punktów LIDAR do modeli pni, wyniosło od 0,5 cm do 5,5 cm.**

Dalsze prace:

POSZUKIWANIE NOWYCH ALGORYTMÓW!!!

LITERATURA:

Tarsha Kurdi, F., Lewandowicz, E., Shan, J., Gharineiat, Z. 2024. Three-dimensional modeling and visualization of single tree LiDAR point cloud using matrixial form. IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, vol. 17, pp. 3010-3022, 2024, doi: 10.1109/JSTARS.2024.3349549.

Tarsha Kurdi, F., Gharineiat, Z.; Lewandowicz, E.; Shan, J. Modeling the Geometry of Tree Trunks Using LiDAR Data. Forests 2024, 15, 368. https://doi.org/10.3390/f15020368.

Tarsha Kurdi, F., Lewandowicz E., Gharineiat Z., Shan J. 2024. Accurate Calculation of Upper Biomass Volume of Single Trees Using Matrixial Representation of LiDAR Data. Preprints