

# Comparison and Evaluation of Different Pit-Filling Methods for Generating High Resolution Canopy Height Model Using UAV Laser Scanning Data

Ying Quan, Mingze Li\*, Yuanshuo Hao and Bin Wang

Key Laboratory of Sustainable Forest Ecosystem Management-Ministry of Education, School of Forestry, Northeast Forestry University, Harbin 150040, Heilongjiang, China; quanying@nefu.edu.cn (Y.Q.); haoyuanshuo@nefu.edu.cn (Y.H.); wangbin@nefu.edu.cn (B.W.)

\* Correspondence: mingzelee@nefu.edu.cn; Tel.: +86-0451-8219-1341

**Table S1.** The RMSE (m) of CHM<sub>Reference</sub> and filtered CHMs with different window size in different proportion of pits.

	Proportion of pits	CHM <sub>Mean</sub>			CHM <sub>Median</sub>			CHM <sub>Gaussian</sub>		
		3*3	5*5	7*7	3*3	5*5	7*7	3*3	5*5	7*7
Cone	10%	0.4681	0.5230	0.5990	0.2710	0.2547	0.2949	0.4511	0.4503	0.4512
	20%	0.6601	0.6890	0.7472	0.4760	0.4087	0.4249	0.6508	0.6425	0.6427
	30%	0.8103	0.8298	0.8794	0.6457	0.5732	0.5826	0.8032	0.7935	0.7936
	40%	0.9336	0.9487	0.9929	0.7901	0.7214	0.7279	0.9279	0.9178	0.9178
	50%	1.0294	1.0420	1.0825	0.9030	0.8360	0.8404	1.0244	1.0146	1.0146
	60%	1.1202	1.1311	1.1687	1.0093	0.9507	0.9584	1.1155	1.1061	1.1061
Hemisphere	10%	0.4520	0.5123	0.5946	0.2583	0.2421	0.2758	0.4333	0.4339	0.4350
	20%	0.6277	0.6614	0.7267	0.4345	0.3715	0.3894	0.6170	0.6093	0.6097
	30%	0.7683	0.7926	0.8486	0.5921	0.5218	0.5340	0.7603	0.7511	0.7513
	40%	0.8897	0.9075	0.9574	0.7319	0.6578	0.6682	0.8835	0.8732	0.8733
	50%	0.9901	1.0054	1.0506	0.8484	0.7803	0.7874	0.9845	0.9747	0.9747
	60%	1.0803	1.0936	1.1359	0.9554	0.8928	0.9000	1.0753	1.0656	1.0657

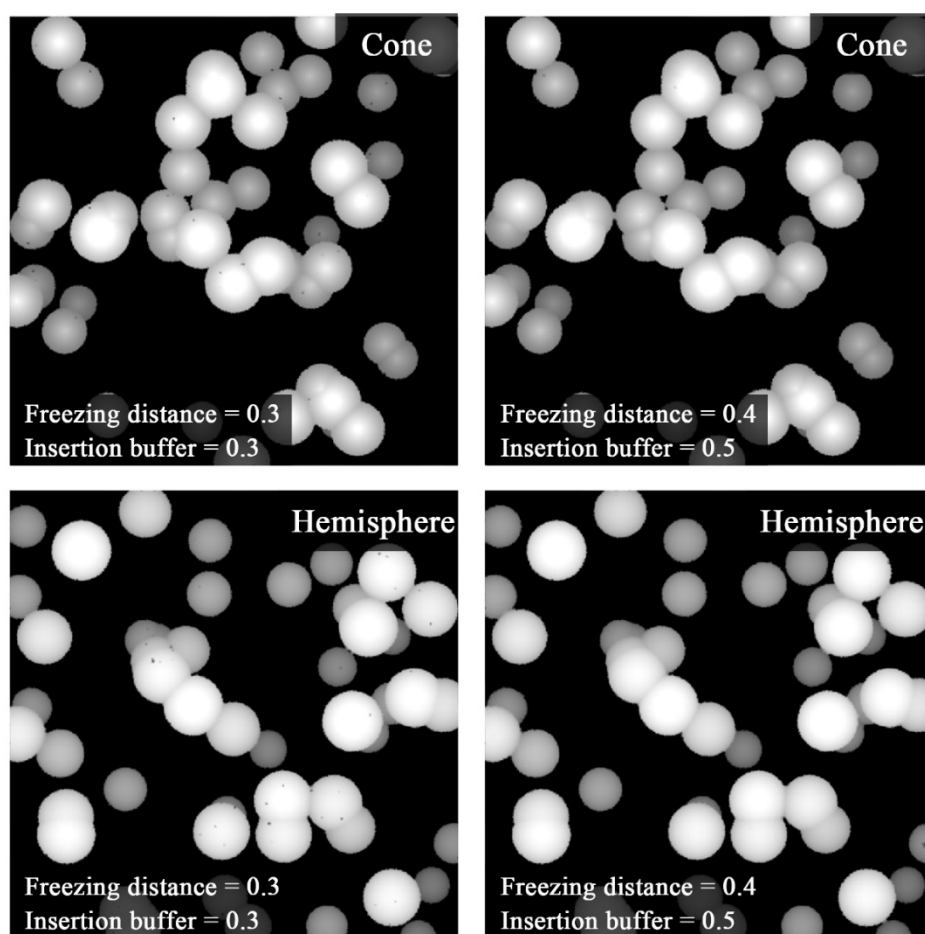
**Table S2.** The RMSE (m) of CHM<sub>Reference</sub> and CHM<sub>Pit-free</sub> with different thresholds in different proportion of pits.

	Proportion of pits	Thresholds						
		1	5	10	15	20	25	30
Cone	10%	0.4667	0.2798	0.2230	0.2195	0.2195	0.2195	0.2195
	20%	0.7368	0.4909	0.4041	0.3896	0.3896	0.3896	0.3896
	30%	0.9233	0.6618	0.5538	0.5254	0.5254	0.5254	0.5254
	40%	1.0682	0.7953	0.6788	0.6466	0.6437	0.6437	0.6437
	50%	1.1662	0.9067	0.7801	0.7416	0.7355	0.7355	0.7355
	60%	1.2581	0.9937	0.8702	0.8326	0.8271	0.8271	0.8271
Hemisphere	10%	0.4623	0.2746	0.2158	0.2124	0.2124	0.2124	0.2124
	20%	0.7122	0.4689	0.3800	0.3563	0.3563	0.3563	0.3563
	30%	0.8944	0.6289	0.5138	0.4850	0.4817	0.4817	0.4817

40%	1.0241	0.7619	0.6488	0.6033	0.5956	0.5956	0.5956
50%	1.1405	0.8739	0.7425	0.6993	0.6920	0.6920	0.6920
60%	1.2334	0.9811	0.8414	0.7922	0.7805	0.7805	0.7805

**Table S3.** The RMSE (m) of CHM<sub>Reference</sub> and CHM<sub>Spike-free</sub> with different parameters in different proportion of pits.

	Proportion	Freeze distance/Insertion buffer								
	of pits	0.1/0.5	0.2/0.5	0.3/0.3	0.3/0.4	0.3/0.5	0.4/0.3	0.4/0.4	0.4/0.5	0.4/0.6
Cone	10%	0.8279	0.3604	0.1429	0.1494	0.1537	0.1626	0.1611	0.1613	0.1625
	20%	0.8282	0.3577	0.1430	0.1516	0.1464	0.1624	0.1588	0.1602	0.1612
	30%	0.9740	0.3778	0.1463	0.1512	0.1546	0.1644	0.1654	0.1648	0.1686
	40%	1.0839	0.3828	0.1559	0.1564	0.1627	0.1744	0.1712	0.1737	0.1747
	50%	1.1522	0.3716	0.1560	0.1564	0.1560	0.1729	0.1742	0.1707	0.1781
	60%	1.2154	0.3663	0.1572	0.1550	0.1590	0.1714	0.1711	0.1707	0.1697
Hemisphere	10%	0.5815	0.2943	0.1356	0.1352	0.1377	0.1479	0.1491	0.1481	0.1491
	20%	0.7990	0.3517	0.1481	0.1481	0.1548	0.1580	0.1616	0.1554	0.1586
	30%	0.9386	0.3715	0.1464	0.1522	0.1511	0.1602	0.1598	0.1579	0.1605
	40%	1.0481	0.3746	0.1519	0.1519	0.1501	0.1575	0.1631	0.1605	0.1610
	50%	1.1310	0.3751	0.1540	0.1578	0.1639	0.1631	0.1661	0.1660	0.1688
	60%	1.1949	0.3699	0.1572	0.1606	0.1576	0.1660	0.1638	0.1659	0.1718



**Figure S1.** The visual effect of CHM<sub>Spike-free</sub> with different parameters.

**Table S4.** The RMSE (m) of CHM<sub>Reference</sub> and CHM<sub>GPMF</sub> with different SI in different proportion of pits.

	Proportion of pits	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cone	10%	0.0952	0.0952	0.0952	0.0952	0.0952	0.0955	0.0958	0.0962	0.0974	0.0984	0.1001
	20%	0.1096	0.1096	0.1096	0.1095	0.1096	0.1100	0.1107	0.1121	0.1136	0.1151	0.1178
	30%	0.1160	0.1160	0.1160	0.1160	0.1161	0.1166	0.1173	0.1185	0.1204	0.1231	0.1258
	40%	0.1282	0.1282	0.1282	0.1282	0.1283	0.1288	0.1297	0.1311	0.1339	0.1379	0.1428
	50%	0.1336	0.1336	0.1336	0.1336	0.1337	0.1336	0.1345	0.1365	0.1392	0.1426	0.1464
	60%	0.1369	0.1369	0.1369	0.1369	0.1370	0.1370	0.1378	0.1396	0.1427	0.1459	0.1506
Hemisphere	10%	0.0982	0.0982	0.0983	0.0983	0.0975	0.0977	0.0983	0.0993	0.1005	0.1027	0.1057
	20%	0.1096	0.1096	0.1096	0.1091	0.1090	0.1091	0.1101	0.1116	0.1133	0.1153	0.1181
	30%	0.1150	0.1150	0.1150	0.1151	0.1149	0.1150	0.1162	0.1177	0.1196	0.1216	0.1249
	40%	0.1226	0.1226	0.1226	0.1229	0.1220	0.1224	0.1235	0.1253	0.1277	0.1301	0.1339
	50%	0.1322	0.1322	0.1322	0.1317	0.1311	0.1317	0.1329	0.1348	0.1376	0.1420	0.1466
	60%	0.1356	0.1356	0.1356	0.1356	0.1351	0.1354	0.1371	0.1392	0.1446	0.1485	0.1543